



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KERROSTALOHUONEISTON SANEERAUSSUUNNITELMA

TEKIJÄ: Markus Korhonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Markus Korhonen			
Työn nimi Kerrostalohuoneiston saneeraussuunnitelma			
Päiväys	3.4.2014	Sivumäärä/Liitteet	38/6
Ohjaajat lehtori Harry Dunkel, lehtori Pasi Haataja			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppanit Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksala			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö käsittelee 1950-luvulla rakennetun kerrostaloasunnon korjausrakennussuunnitelman tekemisen ja dokumentoinnin. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia korjattavan asuinhuoneiston kustannustehokas ja toteutuskelpoinen korjaussuunnitelma. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä korjausratkaisu, jolla rakenne tulee toimimaan rakennusfysikaalisesti oikealla tavalla. Opinnäytetyö eteni lattiarakenteen purkutyön ohessa, sillä huoneiston rakenteiden suunnitteluasiakirjoja ei ollut olemassa.</p> <p>Työ aloitettiin keräämällä tietoa huoneistoon aiemmin tehdyistä korjaustoimenpiteistä. Tutkimustiedon pohjalta huoneiston rakenteita alettiin selvittämään purkamalla. Kirjallisen materiaalin kerääminen eteni kohteen rakenteiden selvityksessä, jolloin rakenteiden rakennusfysikaaliseen toimintaan voitiin paneutua. Tutkittaville rakenteille tehtiin kosteusfysikaalinen tarkastelu DOF-Lämpö-ohjelmalla, josta saatu rakenteen teoreettinen käyttäytymismalli voitiin ottaa avuksi korjauksen suunnittelussa. Rakenteille suunniteltiin korjausvaihtoehto, jossa huomioitiin vanhojen rakenteiden toimivuus ja tilaajan toiveet.</p> <p>Työssä on esitelty oikeaoppinen korjaustapa. Korjaustapa osoittautui työlääksi, joten työssä tarkasteltiin kustannustehokkaampi korjaustapa jolla rakenteiden korjaus voitaisiin tehdä. Lopputuloksena saatiin riskirakenteelle soveltuva korjausohjelma.</p>			
Avainsanat korjausrakentaminen, laatu, home, kosteus			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Building and Structural Engineering			
Author Markus Korhonen			
Title of Thesis Designing Renovation in an Apartment House			
Date	3 April 2014	Pages/Appendices	38/6
Supervisors Mr. Harry Dunkel, Lecturer, Mr. Pasi Haataja, Lecturer			
Client Organisation /Partners Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksala			
<p>Abstract</p> <p>This thesis describes the designing and documenting of renovation in an apartment house built in the 1950s. The aim of this thesis was to draw up a cost effective and feasible renovation plan of the apartment, which would work correctly from the point of view of thermal physics. This thesis was carried out together with the demolition of the floor structure, as the documents were missing.</p> <p>The procedure began by collecting information on the renovation which had been performed earlier on the apartment. Based on this knowledge the procedure continued by disassembling the structure. As the structure was revealed during the disassembly, literary references for the thesis were collected and structural physics could be analyzed. The physical structural analysis was analysed with the DOF-Heat analysis program, which provided theoretical models that could be used when designing the repair. A suggestion of a repair method was designed that would take notice of the operability of existing structures and the customer's wishes.</p> <p>As a result of this thesis a suggestion for the correct repair method was found. The suggested repair method, however, was found to be too laborious, so a more cost effective solution was examined. The second suggestion was a repair plan which was applicable to the risk structure.</p>			
Keywords renovation, quality, mold, humidity			
Public			

## ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksalan toimeksiannosta. Haluan kiittää Aku Oksalaa mielenkiintoisesta ja haasteellisesta opinnäytetyöaiheesta.

Kuopiossa 3.4.2014

Markus Korhonen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Tausta ja tavoitteet .....	7
1.2	Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksala .....	7
2	KORJAUSRAKENTAMINEN .....	8
2.1	Korjausrakentamisen kategoriat .....	8
2.2	Rakennuksen korjaustarpeen aiheuttajat .....	8
2.2.1	Tekninen vanheneminen .....	9
2.2.2	Toiminnallinen vanheneminen .....	9
2.2.3	Taloudellinen vanheneminen .....	9
2.2.4	Sijainnillinen vanheneminen .....	9
2.3	Rakennuksen korjaustarpeen arviointi ja kuntoarvio .....	10
2.3.1	Rakenteiden ja järjestelmien tarkastus .....	10
2.3.2	Rakennusten tilojen tarkastus .....	11
2.3.3	Hissien tarkastus .....	11
2.3.4	Kiinteistön energiatalouden tarkastus .....	11
2.3.5	Sisäolosuhteiden, turvallisuuden sekä terveys- ja ympäristövaikutuksien tarkastus .....	11
2.3.6	Ulkoalueiden tarkastus .....	11
3	RAKENNUKSEN KUNNON TUTKIMUSMENETELMÄT .....	12
3.1	Kuntotutkimus .....	12
3.1.1	Kuntotutkimuksen tavoite .....	12
3.1.2	Kuntotutkimuksen vaiheet .....	12
3.2	Sisäilmatutkimus .....	13
3.2.1	Sisäilman laadun merkitys .....	13
3.2.2	Sisäilmatutkimuksen perusidea ja menetelmät .....	14
3.2.3	Rakenteiden ja huoneilman lämpötila .....	14
3.2.4	Lämpötilan ja vedon mittaaminen .....	15
3.2.5	Mittausten tekeminen .....	15
3.3	Kosteusmittaus .....	16
3.3.1	Porareikämittaus .....	16
3.3.2	Näytepalamittaus .....	17
3.3.3	Epäviralliset kosteusmittausmenetelmät .....	17

3.4	Mikrobitutkimus .....	18
3.4.1	Terveyshaitan toteaminen .....	18
3.4.2	Pinta- ja rakennusmateriaalinäytteet .....	19
3.4.3	Mikrobinäytteiden tulkinta .....	19
4	KOSTEUDEN SIIRTYMINEN RAKENTEISSA .....	21
4.1	Kapillaarisuus .....	21
4.2	Kondensoituminen .....	21
4.3	Vesihöyryn diffuusio .....	21
4.4	Kosteuskonvektio .....	22
4.5	Painovoimainen kosteuden siirtyminen ja tuuli .....	22
5	KORJATTAVAN HUONEISTON LÄHTÖTILANNE .....	23
5.1	Korjattava kohde ja korjaustarpeen havaitseminen .....	23
5.2	Rakenteiden tutkinta ja toimenpiteet .....	23
5.2.1	Ensimmäinen tarkastus .....	23
5.2.2	Toinen tarkastus .....	24
5.3	Rakenteiden analysointi .....	29
5.3.1	Alkuperäisen lattiarakenteen analysointi .....	30
5.3.2	Alkuperäisen seinärakenteen analysointi .....	31
6	HUONEISTON KORJAUS .....	32
6.1	Korjaus ehdotus .....	32
6.2	Kevytsooran kokoonpuristuvuustarkastelu .....	33
6.3	Toteutunut korjaus .....	33
7	POHDINTA .....	36
	LÄHTEET .....	37
	LIITE 1: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALKUPERÄINEN ALAPOHJARAKENNE .....	39
	LIITE 2: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALKUPERÄINEN SEINÄRAKENNE .....	40
	LIITE 3: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALAPOHJA, LISÄERISTYS (100 MM) .....	41
	LIITE 4: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALAPOHJA, LISÄERISTYS (150 MM) .....	42
	LIITE 5: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALAPOHJA, KORJAUSEHDOTUS .....	43
	LIITE 6: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, SEINÄRAKENNE, KORJAUSEHDOTUS .....	44

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta ja tavoitteet

Suomen rakennuskanta vanhenee nopeasti. Suomessa ensimmäisiä kerrostaloja on rakennettu 1800-luvulla, ja kerrostalorakentamisen kulta-aika sijoittuu 1960- ja 1970-luvulle jolloin ihmiset muuttivat maalta kaupunkeihin. Rakennusvaiheen aikana on rakennettu aina senhetkisen tiedon mukaan, joka on koettu hyväksi tavaksi rakentaa. Nykyään tiedämme, että monet tuolloin yleisessä käytössä olleet rakennusmateriaalit sisältävät allergisoivia ja jopa sairauksia aiheuttavia aineita, hyvänä esimerkkinä asbesti, jonka käyttö nykyään on täysin kiellettyä. Lisäksi rakenteiden pitkäaikaisen kosteusaltistumisen vaikutuksia ei ole osattu aina arvioida. Kaikki tämä kokemuksen kautta saatu tieto on parantanut nykytietämystämme hyvästä rakentamistavasta. Samalla tuo kokemuksen kautta saatu oppi on jättänyt eteemme valtavan suuren korjausrakentamistarpeen suomalaisessa asumisessa.

Tämä opinnäytetyö on tehty Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksalan toimeksiannosta. Opinnäytetyön kohteena on 1950-luvulla rakennetun asuinkerrostalon huoneisto Kuopiossa. Huoneiston asukkaat ovat kertoneet havainneensa talvikauden aikana asunnon reuna-alueiden olevan kylmiä ja vetoisia ja seinien pintaan on tiivistynyt näkyvää kosteutta. Asukkaat ovat myös oireilleet sisäilmaongelmista kielivin tyypillisin tukkoisuusoirein asunnossa oleillessaan. Asuntoon on tehty aiemmin korjaustoimenpiteitä, joilla ongelmaa ei ole saatu ratkaistua.

Tämän opinnäytetyön tavoite on ratkaista huoneistossa ilmenneet ongelmat siten, että asunnon rakennusfysikaalinen toiminta on oikeanlainen ilman kylmää nurkka-aluetta ja kosteusongelmia. Työtä vaikeutti talon rakenteellisten dokumenttien puuttuminen, joita ei Kuopion rakennusvalvonnasta löydy. Rakenteet jouduttiin selvittämään rakenteita purkamalla ja arvioimalla joitain rakennepaksuuksia sopivaa korjaustapaa suunnitellessa.

Opinnäytetyön tausta-aineistona käytetään Kuopion kaupungin tekemää asunnontarkastuspöytäkirjaa, Turvallisuus- ja insinööritoimisto A. Oksalan tekemää asunnon tarkastusasiakirjaa sekä Envimetria Oy:n tekemää lämpökuvaus- ja kosteusmittausraporttia.

## 1.2 Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksala

Työn toimeksiantajana toimiva Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksala on Kuopiossa vuonna 2004 perustettu insinööritoimisto. Toimiston palveluihin kuuluu mm. pien- ja kerrostalojen arkkitehti- ja rakennesuunnittelu, saneeraussuunnitelmat, erilaiset rakennusvalvontatehtävät ja asiantuntijapalvelut.

## 2 KORJAUSRAKENTAMINEN

### 2.1 Korjausrakentamisen kategoriat

Haatajan opetusmateriaalin mukaan (2012, 3.) korjausrakentamisella tarkoitetaan rakennuksen tai rakenteen yhdellä kertaa tapahtuvaa korjaamista tai muuttamista. Rakennuksen elinkaaren aikana tällaisia toimenpiteitä tehdään vain muutamia kertoja. Korjausrakentaminen jakaantuu seuraaviin kategorioihin:

- rakennuksen saattaminen rakennuksen alkuperäisen kunnon tasoiseksi (peruskorjaus)
- rakennuksen toiminnallisuuden parantaminen tai aiemman laadun ylittäminen (perusparannus)
- rakennuksen tilojen, käytettävien laitteiden tai rakennusosien uudistaminen (modernisointi)
- tilojen laajentaminen rakennuksen sisä- tai ulkopuolelle (lisärakentaminen)
- olemassa olevan rakennustekniikan säilyttäminen (konservointi)
- rakennuksen arkkitehtuurin tai rakennetekniikan säilytys tai palautus (restaurointi)
- jo hävitetyn rakennuksen uudelleenrakentaminen dokumenttien tai jäänteiden perusteella (rekonstruointi).

### 2.2 Rakennuksen korjaustarpeen aiheuttajat

Haatajan opetusmateriaalin mukaan (2012, 19.) rakennuksilla ja sen osilla on tietty tekninen käyttöikä. Rakennuksen ja sen osien tulee olla suunniteltu suunnitteluajankohtana voimassaolevien rakennusmääräysten ja ohjeiden mukaisesti. Rakennus ja sen osat tulee olla rakennettu käyttäen hyvää rakennustapaa, jonka lisäksi rakennusta ja sen osia tulee olla huollettu kunnossapitosuunnitelmien mukaan. Tällä varmistutaan siitä, että rakennuksen tai sen osien suunniteltu tekninen käyttöikä voidaan saavuttaa.

Haatajan opetusmateriaalin mukaan (2012, 19.) rakennuksen tai rakenteen korjaussuunnittelu käynnistyy korjaustarpeen havaitsemisesta. Korjaustarve ilmenee yleensä rakennuksen tai rakenteen teknisenä, toiminnallisena, taloudellisena tai sijainnillisena vanhenemisena. Havainto tehdään yleensä aistinvaraisesti joko näkö-, kuulo-, tunto- tai hajuhavainnon perusteella. Havaintojen perusteella tehdään kuntoarvio, jossa selvitetään korjaustoimenpiteiden oikea suoritusjärjestys ja tarkempi kuntotutkimustarve.



### 2.2.1 Tekninen vanheneminen

Haatajan opetusmateriaalin mukaan (2012, 21.) rakennuksen tekninen vanheneminen tarkoittaa rakennuksen vanhenemista kulumisen, vaurioiden tai rakenteiden teknisen kehityksen johdosta. Kulumis- ja vauriovanheneminen johtuvat mm. ilmastonmuutoksesta sekä biologisista, kemiallisista ja mekaanisista tekijöistä. Teknisestä kehityksestä aiheutuva vanheneminen johtuu mm. saatavilla olevien varaosien puutteesta, rakentamisajankohdan aikana käytettyjen materiaalien korvaamisesta paremmin toimivilla, uusista mitoitusavoista rakentamisessa sekä vanhan ja uuden tekniikan yhteensopimattomuudesta keskenään.

### 2.2.2 Toiminnallinen vanheneminen

Haatajan opetusmateriaalin mukaan (2012, 21.) rakennuksen toiminnallinen vanheneminen tarkoittaa rakennuksen vanhenemista käyttötarkoituksen muutoksena tai asukkaiden ikärakenteen muuttumisena. Koko rakennuksen tai tietyn tilan käyttötarkoitusta voidaan muuttaa toisenlaiseen käyttöön soveltuvaksi. Asukkaiden ikääntyessä voidaan tiloja uudistaa asukkaille paremmin soveltuviksi.

### 2.2.3 Taloudellinen vanheneminen

Haatajan opetusmateriaalin mukaan (2012, 21.) taloudellisella vanhenemisella tarkoitetaan esimerkiksi rakennuksesta saatavien tuottojen tai siitä aiheutuvien kulujen muutosta. Taloudellinen vanheneminen on käytännössä käyttö- ja huoltokustannusten kasvua kulumisen tai vaurioiden johdosta. Lisäksi suunnittelun, rakentamisen, käytön- ja kunnossapidon aikaiset virheet sekä puutteet varusteissa ja laitteissa aiheuttavat lisäkustannuksia, jolloin rakennusta on järkevää uudistaa. Rakennus uudistetaan asumiselle asetettujen nykyvaatimusten mukaiseksi, jotta rakennuksesta saatava tuotto tai siitä aiheutuvat kulut voidaan säilyttää omistajan tai asukkaan kannalta järkevällä tasolla.

### 2.2.4 Sijainnillinen vanheneminen

Haatajan opetusmateriaalin mukaan (2012, 21.) sijainnillinen vanheneminen voidaan rinnastaa toiminnalliseen vanhenemiseen, joka johtuu yleensä ympäristössä ja yhteiskunnassa tapahtuvista muutoksista. Näitä muutoksia ovat mm. palveluiden keskittäminen suuremman asuinalueen kesken palveluiden kannattamattomuudesta johtuen. Rakennuksen arvo yleensä alenee saatavilla olevien palveluiden etääntymisen johdosta.

## 2.3 Rakennuksen korjaustarpeen arviointi ja kuntoarvio

Rakennuksen korjaustarvetta arvioidaan tutkimalla rakennuksen kuntoa kokonaisuutena. Korjaustarpeen arvioinnissa rakennukselle tehdään kuntoarvio, jossa tarkastetaan kiinteistön rakennustekniikka, LVI-, sähkö- ja tietotekniset järjestelmät, rakennuksen yleiset tilat ja sovittu määrä huoneistoista, ulkoalueiden rakenteet ja varusteet, rakennuksen energiatehokkuus, rakennuksen turvallisuus- ja terveysriskit sekä kiinteistönhoidon ja rakennuksen ylläpidon kehitystarpeet. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

Kuntoarvio suoritetaan vaiheittain. Sen vaiheet ovat suoritusjärjestyksessään

- lähtötietojen käsittely
- asukaskysely
- kiinteistötarkastus ja
- raportointi. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

Lähtötiedoissa kuntoarvion tilaaja toimittaa kuntoarvion suorittajan käyttöön tarjouspyynnössä mainitut tiedot ja asiakirjat ennen kiinteistötarkastusta. Lähtötietojen tulee olla yksityiskohtaiset, sillä niiden perusteella arvioija tutustuu kiinteistön rakenteisiin ja taloteknisiin järjestelmiin. Lähtötietojen avulla kuntoarvioija suunnittelee kiinteistötarkastuksen etenemisjärjestyksen ja tarkastuksen sisällön. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

Asukaskyselyn tarkoituksena on selvittää asukkaiden mielipide kiinteistön kunnosta ja toimivuudesta. Asukaskysely voidaan sisällyttää myös kuntoarvioon, mikäli sitä ei ole aiemmin suoritettu. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

Kiinteistötarkastuksessa tarkastetaan kohteen nykytilanne, arvioidaan tarkastettavien kohtien vaurioita ja kirjataan mahdolliset muut havainnot, joita ei ole asukaskyselyssä havaittu. Tarkastuksessa on oltava mukana kiinteistön hyvin tunteva henkilö, kuten isännöitsijä tai kiinteistön omistaja. Kiinteistötarkastus tehdään ohjeen KH 90-00535, LVI 01-10538, RT 18-11131 mukaisesti, ellei muuta ole sovittu. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

### 2.3.1 Rakenteiden ja järjestelmien tarkastus

Rakennusteknisessä tarkastuksessa käydään läpi mm. perustukset, alapohja, runko, yläpohja ja vesikatto, julkisivut, parvekkeet, ikkunat, ulko-ovet, märkätilat, ulkopuoliset rakenteet, piha-alueet sekä hulevesi- ja kuivatusjärjestelmät. Kiinteistön talotekniikka tarkastetaan järjestelmittäin. Tarkastuksen kohteina ovat mm. vesijohdot, viemärit, lämmitysputket, ilmastointi, tietotekniset järjestelmät sekä sähköjärjestelmät ja -laitteet. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

### 2.3.2 Rakennusten tilojen tarkastus

Kaikki yleiset ja tekniset tilat tarkastetaan. Niiden kuntoa arvioidaan tarkastelemalla pintarakenteet, kalusteet ja varusteet. Kuntoarvion tilaaja ja kuntoarvioija sopivat tarjouspyyntövaiheessa tarkastettavien huoneistojen määrän ja huoneistotarkastuksen sisällön. Huoneistoissa tarkastetaan ainakin märkätilojen rakenteet ja kiinteistön vastuulla olevat laitteet ja järjestelmät. Kerrostaloissa ja suurissa rivitaloyhtiöissä tarkastetaan noin 10...20 % huoneistoista tai muu sovittu määrä. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

### 2.3.3 Hissien tarkastus

Kuntoarvioija merkitsee raporttiin, onko hissi tarkastettu määräysten edellyttämällä tavalla. Tarvittaessa kuntoarvioija suosittelee hissiasiantuntijan suorittamaa KH 57-00483, LVI 01-10485, RT 18-11048 mukaista hissin kuntoarviota. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

### 2.3.4 Kiinteistön energiatalouden tarkastus

Kuntoarvion yhteydessä selvitetään rakennuksen lämmitysenergian, kiinteistösähköenergian ja käytöveden kulutukset. Tiedot kerätään esimerkiksi kolmen edellisen vuoden ajalta ja niitä verrataan tilastollisiin vertailuarvoihin. Kulutustasot ja havaitut poikkeamat kirjataan kuntoarvioraporttiin. Kulutustasojen ylittäessä vertailuarviot noin 20 prosentilla, kuntoarvioraportissa esitetään energiatalouteen liittyvät parannusehdotukset sekä niiden kannattavuusarviot. Tarvittaessa kuntoarvioija suosittelee lisätutkimuksia ja -selvityksiä. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

### 2.3.5 Sisäolosuhteiden, turvallisuuden sekä terveys- ja ympäristövaikutuksien tarkastus

Kuntoarviossa sisäolosuhteet arvioidaan aistienvaraisesti ja kevein mittauksin korjaustarpeiden havaitsemiseksi. Sisäolosuhteita arvioidaan turvallisuuden ja terveellisyyden kannalta. Kuntoarviossa tarkastellaan aistienvaraisesti ja kokemusperäisesti mm. kosteusvaurioiden esiintymisriskiä sekä ilman vaihtuvuutta, lämpötilaa, valaistusta ja muita kiinteistön sisäolosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä. Kuntoarvioija suosittelee tarvittaessa kuntotutkimuksia tai muita lisäselvityksiä. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

### 2.3.6 Ulkoalueiden tarkastus

Ulkoalueilla tarkastetaan mm. kulkuväylien pintojen tasaisuus ja kaadot, joiden avulla hulevedet ohjataan pois rakennuksen luota esimerkiksi pihakasvillisuuden käyttöön tai sadevesiviemäriin. Huomiota kiinnitetään erityisesti rakenteisiin, laitteisiin ja kasvustoon, joista saattaa aiheutua vahinkoa tai vaaraa joko henkilöille tai kiinteistölle. (Asuinkiinteistön kuntoarvio, Tilaajan ohje. RT 18-11130, 5.)

### 3 RAKENNUKSEN KUNNON TUTKIMUSMENETELMÄT

#### 3.1 Kuntotutkimus

##### 3.1.1 Kuntotutkimuksen tavoite

Rakennuksen tai rakenteen kuntotutkimuksen tavoite on saada selville rakennuksen tai rakenteen vialla ja vaurioilla, niiden korjaustarve ja syyt, mistä vauriot johtuvat. Korjaustarve muodostuu käytetyn rakenteen ja sen riskien sekä rakenteen vaurioiden tyypin, syyn, laajuuden ja vaikutusten perusteella. Yleisin kuntotutkimuksen tekemiseen johtava tilanne on rakenteessa ilmennyt kosteus- ja/tai homevaurio. (Sisäilmäyhdistys.fi a)

##### 3.1.2 Kuntotutkimuksen vaiheet

Kuntotutkimus aloitetaan rakenteen ja ongelman analysointiin perustuvien selvitysten ja tutkimusten tekemisellä. Näissä kuntotutkimuskohteen lähtötiedot kerätään yhteen, tehdään piirustuksia ja paikalla tehtyjä tutkimuksia hyväksikäyttäen alustava tilannearvio, analysoidaan saadut tulokset ja tehdään kuntotutkimusraportti. (Sisäilmäyhdistys.fi a)

Kuntotutkimusraportille on asetettu seuraavat vähimmäisvaatimukset:

- Kohteesta ja ongelmasta kerrotaan riittävät taustatiedot
- Tutkimus- ja mittauspisteet on merkitty raportissa olevaan rakennuksen pohjakuvaan
- Mittaustuloksissa esitetään mitä on mitattu, missä mittauspiste sijaitsee, mitattavan rakenteen tiedot, rakennekerroksen paksuus, mittaussyvyys, materiaali, ajankohta, mittauksen kesto, mittaolosuhteet sekä käytetyn mittarin tiedot.
- Tutkimuksessa saadut havainnot, tiedot, johtopäätökset ja toimenpidesuosituksot on erotettu toisistaan. Tulokset esitetään siten, että raporttia tutkimalla tuloksia voi arvioida kuka vain. (Sisäilmäyhdistys.fi b)

Kosteus- ja homeongelmaa epäillessä voidaan kuntotutkimuksen yhteydessä tai sen jälkeen teettää mikrobi- tai muita laboratoriotutkimuksia. Kuntotutkimus pidetään ajantasaisena saatujen lisätulosten mukaan. (Sisäilmäyhdistys.fi b)

## 3.2 Sisäilmatutkimus

### 3.2.1 Sisäilman laadun merkitys

Ihminen viettää 90–95 % ajastaan sisätiloissa, joten sisäilman laatu vaikuttaa asumisviihtyvyyteen ja asujan terveyteen merkittävästi. Sisäilma muodostuu sisäilmasta ja siihen vaikuttavista ulkoisista tekijöistä, joita ovat sisäilmassa olevat

- kaasumaiset yhdisteet
- hiukkasmaiset epäpuhtaudet
- sopiva lämpötila ja kosteus
- ilman liike huonetilassa
- säteily, valaistus ja melu. (Sisäilmayhdistys.fi c)

Sisäilma voidaan jakaa Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaan kolmeen laatuluokkaan; S1 (yksilöllinen sisäilmasto), S2 (hyvä sisäilmasto) ja S3 (tydyttävä sisäilmasto). (Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT 07-10946, 4.)

Luokassa S1 sisäilman laatu on erittäin hyvä, eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Rakennuksen yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpötila on viihtyisä, eikä vetoa tai ylikämpenemistä ole. Rakennuksen käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan tilojen lämpötilaa. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus. (Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT 07-10946, 4.)

Luokassa S2 sisäilman laatu on hyvä, eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Rakennuksen yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolosuhteet ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta ylikämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet. (Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT 07-10946, 4.)

Luokassa S3 sisäilman laatu ja lämpöolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. (Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT 07-10946, 4.)

### 3.2.2 Sisäilmatutkimuksen perusidea ja menetelmät

Sisäilmatutkimuksen perusajatuksena on vaiheistaa rakennuksen sisäilman kunnon ja ongelmien selvitys siten, että pitoisuusmittauksia tehdään vasta yksinkertaisten selvitysten jälkeen. Laitteiden ja rakennusteknisten ilmanvaihtoratkaisujen suunnitelmien mukainen toimivuus varmistetaan ennen lisätutkimuksia. Mahdollisen huollon jälkeen alkaa seuranta, jossa varmistetaan häviääkö sisäilmaongelma. Mikäli ongelma ei poistunut, voidaan sisäilmatutkimuksen suunnitteluprosessi aloittaa. (Sisäilmayhdistys.fi e)

Rakennuksessa asuvia tai sitä käyttäviä henkilöitä haastatellaan ongelmasta ja sen vaikutuksista sisäilman laatuun. Haastattelun perusteella tarpeen mukaan kuhunkin tutkimukseen soveltuvat mittaukset ja havainnot. Tutkimuksessa käytetään hyväksi myös olemassa olevia suunnitteluasiakirjoja, mittalaitteita (esim. lämpötilaa, kosteutta tai paine-eroa mittaavat laitteet) ja indikaattoriaineita (esim. merkkisavut). Tutkimus liitetään osaksi kuntotutkimusraporttia. (Sisäilmayhdistys.fi f)

### 3.2.3 Rakenteiden ja huoneilman lämpötila

Ihmisen kokemaan lämpöaistimukseen vaikuttavat huoneilman lämpötila, lämpösäteily, ilman virtausnopeus ja kosteus sekä vaatetus ja ihmisen toiminnan laatu. Lämpöolot vaikuttavat asumisviihtyvyyteen. Pitkäaikainen veto ja viileys voivat aiheuttaa terveyshaittoja. Kylmät rakenteet mahdollistavat kosteusvaurion aiheutumisen, sillä kosteus tiivistyy kylmille pinnoille. Paikallinen kosteusvaurio ja rakenteen tuulettumattomuus mahdollistavat mikrobikasvustolle otollisen kasvualustan. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 4.)

Lattioissa alhainen pintalämpötila voi olla haitallinen. Seinä- ja kattopintojen viileys ei yleensä aiheuta terveyshaittaa, mikäli lämpötilaindeksin välttävä taso ei alitu. Lämpötilaindeksin välttävät tasot ovat huoneilmassa +18 °C, seinässä +16 °C ja lattiassa +18 °C. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 5.)

Ikkunan, seinänurkkien ja putkien läpivientien alin hyväksyttävä pistemäinen pintalämpötila on kuitenkin +11 °C. Mikäli rakenteista mitatut lämpötilat alittavat selvästi välttävän tason, on syytä tarkistaa tilan painesuhteet ulkoilmaan verrattuna ja pyrkiä paikallistamaan rakenteissa mahdollisesti esiintyvä ilmavuoto. Matalat pintalämpötilat johtuvat yleensä eristevirheistä, kylmäsilloista, puutteista höyrynsulussa tai ilmavuodosta rakenteissa sekä näiden yhdistelmästä. Rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys voidaan mitata aiheuttamalla tutkittavaan tilaan 50 Pa alipaine. Alipaineen ylläpitämiseksi tarvittava ilmamäärä jaetaan tutkittavan tilan ilmatilavuudella. Näin saatu ilmavuotoluvun arvo  $n_{50}$  [1/h], vaihtoa tunnissa, kuvaa ulkovaipan tiivyyttä. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 5.)

### 3.2.4 Lämpötilan ja vedon mittaaminen

Lämpötila on aiheellista mitata silloin, kun mahdollinen haitta voidaan todeta riittävällä varmuudella. Mittaus tehdään kylmänä vuodenaikana kun ulkolämpötila alittaa  $-5\text{ °C}$  ja kun tuulen nopeus ylittää  $5\text{ m/s}$ . Mittauksia ei tule kuitenkaan tehdä poikkeuksellisen kylmänä hetkenä vuodenaika ja paikkakunnan sijainti huomioiden. Asunnon lämmityksen ja ilmanvaihdon on oltava samanlaiset kuin tavanomaisessa käyttötilanteessa. Sisälämpötilan tulee olla riittävän tasainen ja ikkunatuulelusta tulee välttää vähintään 4 tuntia ennen mittausta. Mittalaitteiden kalibroinnin tulee olla voimassa. Mittalaitteen tyyppi- ja kalibrointitiedot sekä tilassa mittaushetkellä olevien henkilöiden lukumäärä kirjataan mittauspöytäkirjaan. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 5.)

### 3.2.5 Mittausten tekeminen

Asunnon lämpötilat mitataan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa huoneilman lämpötila mitataan ja samalla havainnoidaan ilmapvirtauksia merkkisavun avulla. Jos huoneilman lämpötila on vähintään  $+20\text{ °C}$  ja savukokeet ei osoita vetoisia kohtia huoneessa, lämpötilamittauksia ei tarvitse jatkaa. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 5.)

Jos lämpötila on alle  $+18\text{ °C}$  tai savukokeet osoittavat huoneessa esiintyvän ilmeistä vetoa, voi terveydensuojeluviranomainen tulosten perusteella edellyttää asuntoon tehtävän korjauksia. Liian korkeat lämpötilat tulee kirjata ylös ja tarvittaessa vaatia niiden alentamista. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 5.)

Toisessa vaiheessa tilan operatiivinen lämpötila ja ilman nopeus mitataan, mikäli huoneilman lämpötila on  $+18\text{...}+20\text{ °C}$  tai savukokeet paljastavat tilassa vetoa. Seinien ja lattian pintalämpötilat mitataan lämpötilan ollessa alle  $+18\text{ °C}$  tai jos huoneilman lämpötila ylittää operatiivisen lämpötilan yli  $+3\text{ °C}$ :lla. Toisen vaiheen mittauksia voidaan tehdä myös silloin, kun huoneen sijainti tai muoto on tavanomaisesta poikkeavia tai jos huoneessa on suuria kylmiä pintoja, kuten huonosti lämpöä eristäviä ikkunoita tai tuuletettu alapohja. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 5.)

### 3.3 Kosteusmittaus

Rakenteiden suhteellinen kosteus voidaan mitata joko tarkoilla tai suuntaa antavilla mittaussmenetelmillä. Tarkkoja mittaussmenetelmiä ovat porareikämittaus ja näytepalamittaus. Suuntaa antavia menetelmiä ovat muun muassa

- tarkastelu pintakosteusilmaisimella
- mittaus rakenteeseen tehdystä putkittamattomasta reiästä
- toistuva porareikämittaus samasta mittausreiästä tai pian porauksen jälkeen
- porareikämittaus suosituslämpötila-alueen (+15...+25 °C) ulkopuolella
- näytepalamittaus asentamatta mittapäätä välittömästi mittausputkeen. (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 3.)

#### 3.3.1 Porareikämittaus

Porareikämittaus suoritetaan poraamalla tutkittavaan rakenteeseen yleensä halkaisijaltaan 16 mm:n reikä. Reiän porausvyvyys riippuu kulloinkin tutkimuksen kohteena olevan rakenteen paksuudesta, ja siitä miltä syvyydeltä kosteuspitoisuuksia halutaan selvittää. Porausreikä puhdistetaan porauksesta aiheutuneesta pölystä ja roskasta pölynimurilla. Porareikään asennetaan mittausputki, joka on sivuiltaan umpinainen. Putki painetaan reiän pohjaan, ja imuroidaan toisen kerran. Putken ulkopinnan ja porausreiän rajapinta sekä putken suu tiivistetään vesihöyryntiiviillä kitillä, jonka jälkeen reiän annetaan tasautua vähintään kolmen vuorokauden ajan, jolloin tasapainokosteus reiässä on saavutettu. (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 4.)

Kalibroidun mittalaitteen mittauspää asetetaan mittauspisteen läheisyyteen ja sen lämpötilan annetaan tasautua. Mittauspää asennetaan mittausputkeen ja se tiivistetään vesihöyryntiiviillä kitillä. Mittapään annetaan tasaantua putkessa mittapäälle ominaisen ajan, yleensä 1...4 tuntia. Riittävän tasaantumisen jälkeen näyttölaite kiinnitetään mittapähän ja kosteusarvot kirjataan ylös. (Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. RT 14-10984, 5.)



### 3.3.2 Näytepalamittaus

Näytepalamittaus on porareikämittausta huomattavasti nopeampi menetelmä. Sitä käytetään kun lämpötilaolosuhteet ovat epävakait, tulos tarvitaan nopeasti tai muuten pyritään mahdollisimman hyvään mittaustarkkuuteen. Menetelmä soveltuu  $-20...+80\text{ °C}$  lämpötiloihin. Rakenteeseen tehdään esimerkiksi 50...10 mm halkaisijalla olevalla kuivaporauskuunulla ympyräura. Mittaussyvyyden yläpuolinen betoni poistetaan siten, että kuopan ohja on noin 5 mm haluttua mittaussyvyyttä ylempänä. Kuopan pohjalta otetaan noin 5 mm x 5 mm x 5 mm kokoisia näytepaloja, joita laitetaan lasiseen koeputkeen noin kolmasosan verran putken tilavuudesta. Koeputken tulee olla imuripuhdas, näytekappaleissa ei saa olla irtavaa pölyä eikä suuria runkoainerakeita. Koeputkeen asennetaan kosteusmittauslaitteen mittapää kuten porareikämittauksessakin, ja se tiivistetään vesihöyryntiiviillä kitillä. Koeputken annetaan tasaantua noin  $+20\text{ °C}$  vakiolämpötilassa vähintään 5...12 tuntia. Näyttölaite kiinnitetään mittapäähän ja kosteusarvot kirjataan ylös. (Betonin suhteellisen kosteuden mitta-  
us. RT 14-10984, 7.)

### 3.3.3 Epäviralliset kosteusmittausmenetelmät

Suuntaa antavia menetelmiä käytetään yleensä silloin, kun ei ole tarpeellista tai mahdollista päästä mahdollisimman hyvään mittaustarkkuuteen. Näitä mittauksia ei yleensä käytetä virallisissa kosteusmittausraporteissa. (Betonin suhteellisen kosteuden mitta-  
us. RT 14-10984, 11.)

Pintakosteusilmaisimella mitataan materiaalin sähköisiä ominaisuuksia. Sitä voidaan käyttää kun halutaan seurata rakennusmateriaalien sisältämän kosteustilan muuttumista, arvioida materiaalin kuivumista tai kartoittaa saman rakenteen eri kohtien välisiä kosteuspiitoisuuseroja. Pintakosteusilmaisimen lukemiin vaikuttaa kosteuden lisäksi rakenteen pinnassa mahdollisesti olevat suolakerrostumat, teräkset ja eri materiaalien koostumukset ja rakenteiden pintaosien vaihtelut. Mittaustuloksia käsitellään vain viitteellisesti. (Betonin suhteellisen kosteuden mitta-  
us. RT 14-10984, 11.)

Mitatessa kosteuksia putkittamattomasta reiästä, toistuvasti samasta porareiästä tai pian porauksen jälkeen tai mitattaessa porareiästä suosituslämpötila-alueen ulkopuolella tuloksista voidaan vetää pelkästään suuntaa antavia johtopäätöksiä. (Betonin suhteellisen kosteuden mitta-  
us. RT 14-10984, 11.)

### 3.4 Mikrobitutkimus

Pysyvästi tai toistuvasti kostuvissa rakenteissa ja niiden pinnoilla kasvaa mikrobeja, joita ovat erilaiset homeet, hiivat ja bakteerit. Rakennuksessa esiintyvän mikrobikasvuston syy on yleensä kosteusvaurio. Mikrobikasvustosta voi kulkeutua sisäilmaan ilmajvirtausten mukana mikrobeja sekä niiden hajoamis- ja aineenvaihduntatuotteita, joille sisätiloissa oleskelevat ihmiset altistuvat. Ellei mikrobikasvustoa ole poistettu, se voi olla terveydelle haitallista vielä senkin jälkeen, kun rakennusmateriaali on kuivunut tai kuivatettu. Tämän vuoksi kosteusvaurio on välittömästi korjattava ja vaurioon johtaneet syyt poistettava. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 21.)

Mikrobeille tai mikrobien aineenvaihduntatuotteille altistuneilla ihmisillä havaittuja tyypillisiä oireita ovat silmien, ihon ja hengitysteiden ärsytysoireet, erityisesti yöyskä sekä erilaiset yleisoireet kuten kuume. Oireet yleensä lievenevät tai katoavat, kun altistus keskeytyy tai lakkaa. Altistuksen seurauksena voi esiintyä myös toistuvia hengitystieinfektioita tai kehittyä pitkäaikaissairaus, kuten esimerkiksi astma. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 21.)

#### 3.4.1 Terveyshaitan toteaminen

Terveysuojelulain 1 §:ssä terveyshaitalla tarkoitetaan muun muassa elinympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuvaa sairautta tai sen oiretta. Terveyshaitana pidetään myös altistumista terveydelle vaaralliselle aineelle tai tekijälle siinä määrin, että sairauden tai sen oireiden syntyminen on mahdollista. Altistuminen tapahtuu yleensä ihmisten oleskellessa tilassa, jossa he voivat joutua alttiiksi mikrobeille ja niiden aineenvaihduntatuotteille. Terveysuojelulain mukainen terveyshaitta on esimerkiksi aistinvaraisesti havaittava homekasvusto rakenteissa, joka voi levitä huoneilmaan rakenteiden läpi kulkeutuvan vuotoilman mukana. Märkätiloissa pienehköjä, pistemäisiä homekasvustoja ei välttämättä katsota terveyshaitaksi, mutta se voi viitata märkätilarakenteissa olevaan kosteusvaurioon. Mikäli tilassa esiintyy myös hajuhaitta, on rakenteisiin ja pintoihin järkevää tehdä mikrobiologinen analyysi. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 21.)

Mikrobipitoisuuden määrittämisellä tutkitaan, löytyykö rakenteista tai pinnoista kosteusvaurioitumisesta johtuvaa mikrobikasvustoa. Tiloihin tehdään selvitys kosteusvaurioista ja selvitetään sisäilmaan liittyviä fysikaalisia osatekijöitä, kuten lämpötila, ilmankosteus sekä ilmanvaihdon asianmukainen toimivuus. Mikrobien toteamiseksi rakenteista ja pinnoista sekä huoneilmasta otetaan näytteitä. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 21.)

### 3.4.2 Pinta- ja rakennusmateriaalinäytteet

Rakennusmateriaalien ja rakenteiden sekä niiden pintojen mikrobitutkimusta tehtäessä otettavat näytteet otetaan vauriokohdasta ja vertailupinnalta. Vauriokohta on sellainen kohta rakenteessa tai pinnoissa, jossa voidaan olettaa olevan kosteusvaurio. Näytteitä voidaan ottaa joko pintanäytteenä, rakennusmateriaalista otettavana näytepalana tai sisäilmanäytteenä suoraan huoneilmasta. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 21.)

Pintanäytteessä sterilisoidulla pumpulipuikoilla pyyhitään tutkittavasta alueesta esimerkiksi 100 cm<sup>2</sup> alue, jonka jälkeen pumpulipuikko laitetaan steriiliä laimennusliuosta sisältävään ilmatiiviiseen rasiin. Laimennusliuoksesta tehdään sarja laimennoksia, joista tehdään mikrobiviljely. Tuloksia verrataan vertailupinnalta otettuun vastaavaan näytteeseen, jonka tiedetään olevan vaurioitumaton. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 21.)

Rakennusmateriaalista tai rakenteesta otettavan näytepalan mikrobiinäyte tehdään irrottamalla näytepala rakenteesta, ja toimimalla muutoin samaan tapaan kuin pintanäytteessäkin. Alustavassa tutkimuksessa näytepalaa voidaan tutkia myös mikroskoopilla, jotta voidaan havaita myös elinkykynsä menettänyt mikrobikasvusto. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 21.)

Ilmanäytteestä tutkitaan onko asunnon huoneilman mikrobipitoisuus tavanomaisuudesta poikkeavaa rakennuksen sijainti, ikä ja vuodenaika huomioiden. Mikrobinäyte otetaan huoneilmasta impaktorikeräimellä. Näytteenotto tulisi tehdä talvella, kun ulkoilman mikrobipitoisuudet ovat pienimmillään. Ilmanäytteestä otetaan myös vertailuarvo ulkoilmasta, jota verrataan huoneilmasta otettuun näytteeseen. Ilmanäytteen tulokseen voi vaikuttaa huoneistossa olevat lemmikkieläimet ja huonekasvit, jolloin näytteen tulos ei todennäköisesti anna luotettavaa kuvaa kosteusvauriosta johtuvasta mikrobien määrästä huoneilmassa. Kaikki tuloksiin vaikuttavat tekijät tulee kirjata mittauspöytäkirjaan. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 22.)

### 3.4.3 Mikrobinäytteiden tulkinta

Pintanäytteen tuloksia tulkitaan vertailemalla vaurio- ja vertailupintoja keskenään. Mikäli vaurioituneen pinnan näytteen sieni-itiöpitoisuus ylittää 1000 yksikköä neliösenttimetrille ja vauriokohdan sieni-itiöpitoisuus on yli satakertainen vertailupintaan nähden, voidaan vauriopinnalla katsoa olevan mikrobikasvustoa. Rakennusmateriaalinäytteessä sieni-itiöpitoisuus tulee olla vähintään sata kertaa suurempi kuin vertailunäytteessä. Mikäli vertailunäytettä ei ole, näytteessä voidaan olettaa olevan vaurio kun sieni-itiöpitoisuus ylittää 10 000 yksikköä grammalle näytettä. Tiettyjä sieni-itiöpitoisuuksia voi olla myös eri määrä, esimerkiksi bakteerikasvustoa arvioitaessa näytteessä tulee olla vähintään 100 000 yksikköä per gramma. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 22.)

Ilmanäytteen tuloksia tulkittaessa tulee huomioida, että rakennuksessa voi olla home- tai lahovaurio, vaikka huoneilman mikrobipitoisuudet olisivat pieniä. Ilmanäytteen sieni-itiöpitoisuuden lisäksi tulee tarkastella näytteen sienisuvustoa. Kuitenkin, mikäli sieni-itiöpitoisuus ylittää talviaikana yli 500 yksikköä per kuutiometri, voidaan pitoisuuden olettaa olevan koholla ja tulos viittaa mikrobikasvustoon. Ilmanäytettä voidaan käyttää myös vertailuilmanäytettä, joka otetaan tutkittavan rakennuksen kaltaisen vastaavan rakennuksen huoneilmasta. Kesäkuukausina tehtyjen ilmanäytteiden mikrobipitoisuuksia tulee verrata ulkoilman mikrobipitoisuuksiin. Tällöin vertaillaan ulko- ja sisäilmanäytteiden mikrobisuvustojen poikkeavuuksia toisistaan. (Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. RT STM-21232, 22.)

## 4 KOSTEUDEN SIIRTYMINEN RAKENTEISSA

### 4.1 Kapillaarisuus

Kosteuden kapillaarinen siirtyminen tarkoittaa veden imeytymistä huokoiseen aineeseen. Huokoinen aine voi olla esimerkiksi maaperän savi tai hiekka ja rakennuksessa betoni, tiili tai puu. Kosteus nousee huokoisessa aineessa painovoimaa vastaan ylöspäin. Kapillaari-ilmiötä torjutaan rakentamisessa asettamalla huokoisen materiaalin ja kosteudelta suojeltavan rakenteen väliin kapillaarikatko, esimerkiksi bitumikermi joka on tiivis, vedenpitävä materiaali. (Kosteus rakennuksissa (1999). RT 05-10710, 3.)

### 4.2 Kondensoituminen

Kondensoituminen tarkoittaa ilmassa olevan vesihöyryn tiivistymistä nesteeksi joko ilmassa, kiinteään aineen pintaan tai sen ilmahuokosiin, kun ilman kosteus on suurempi kuin ilman lämpötilaa vastaava kyllästyskosteus. Pinnoille tiivistyessään kosteus voi kulkeutua rakenteeseen. Mikäli rakenne ei pääse tuulettumaan, siihen voi aiheutua kosteusvaurio. (Kosteus rakennuksissa (1999). RT 05-10710, 2.)

### 4.3 Vesihöyryn diffuusio

Vesihöyryn diffuusio tarkoittaa vesihöyryn siirtymistä suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempää vesihöyrypitoisuutta kohden joko ilmassa tai kiinteään aineen huokosissa. Rakennuksessa diffuusio suuntautuu yleensä sisältä ulos huoneilman suuremmasta vesihöyryn osapaineesta johtuen. Kosteuden siirtymistä rajoitetaan seinään ja yläpohjaan sijoitettavalla tiiviillä höyrynsulkukalvolla. (Kosteus rakennuksissa (1999). RT 05-10710, 2.)

#### 4.4 Kosteuskonvektio

Kosteuskonvektio on huokoisten ja hyvin ilmaa läpäisevien aineiden ja rakennusosissa olevien rakojen läpi tapahtuvaa ilman virtausta. Ilmavirtaukset syntyvät rakenteen eri puolilla vallitsevan kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Rakennuksessa paine-eroihin vaikuttavat lämpötilaerot, koneellinen ilmanvaihto ja tuuli. Lämmin sisäilma nousee huoneessa ylös, mikä voi muodostaa huonetilan yläosaan ylipaineen. Ilmanvaihdolla pidetään kosteusvaurioiden välttämiseksi sisätiloissa pieni alipaine ulkoilmaan verrattuna. Jos ilmansulussa on vuotokohtia ja sisätilassa olisi ylipaine, ilmanpaine-erosta aiheutuva ilmavirtaus kuljettaa vesihöyryä rakenteen yläpohja- tai ulkoseinärakenteisiin. Vesihöyry voi kondensoitua rakenteisiin aiheuttaen mikrobikasvustoa. (Kosteus rakennuksissa (1999). RT 05-10710, 2.)

#### 4.5 Painovoimainen kosteuden siirtyminen ja tuuli

Vesi valuu pystysuorilla ja kaltevilla pinnoilla painovoiman vaikutuksesta alaspäin. Rakenteiden ulkopintojen ja niihin kiinnitettyjen rakennusosien tulee olla sellaisia, että vesi ei pääse valumaan mahdollisista epätiivelyskohdista rakenteen sisään. Kosteus voi siirtyä myös ylöspäin tuulen vaikutuksesta. (Kosteus rakennuksissa (1999). RT 05-10710, 4.)

## 5 KORJATTAVAN HUONEISTON LÄHTÖTILANNE

### 5.1 Korjattava kohde ja korjaustarpeen havaitseminen

Opinnäytetyössä tarkasteltiin 1950-luvulla rakennetun kivirakenteisen kerrostalon asuinhuoneiston rakennusfysikaalista toimintaa. Tarkasteltavana oleva huoneisto ulottuu ulkoilmaan kolmelta sivultaan ja osittain alapohjaltaan. Rakennus on peruskorjattu vuonna 2002. Peruskorjauksen yhteydessä huoneistoon on tehty LVI-saneeraus ja poistettu olohuoneessa olevissa seinäsyvennyksissä olleet vesikiertoiset lämmityspatterit. Lämmityspattereiden vesikiertoputket sijaitsivat lattialaudoituksen alapuolella, nämä tulpattiin ja jätettiin laudoituksen alle.

Peruskorjauksen jälkeen asunnossa asuneet asukkaat olivat kokeneet olohuoneen ulkoseinän puoleisten huoneiden, olo- ja makuuhuone sekä kylpyhuone, olevan poikkeuksellisen kylmiä kovilla pakkasilla. Kyseisten huonetilojen alapuolella on kadulta sisäpihalle johtava ulkokäytävä. Lisäksi asukkaat olivat huoneen kalusteiden järjestystä muuttaessaan huomanneet makuuhuoneen seinäpinnoilla pinnoitevaurioita ja vesipisaroita. Asukkaat ottivat yhteyden isännöitsijään ja ilmoittivat löytämistään havainnoista. Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksala teki huoneistoon kuntotarkastuksen.

### 5.2 Rakenteiden tutkinta ja toimenpiteet

#### 5.2.1 Ensimmäinen tarkastus

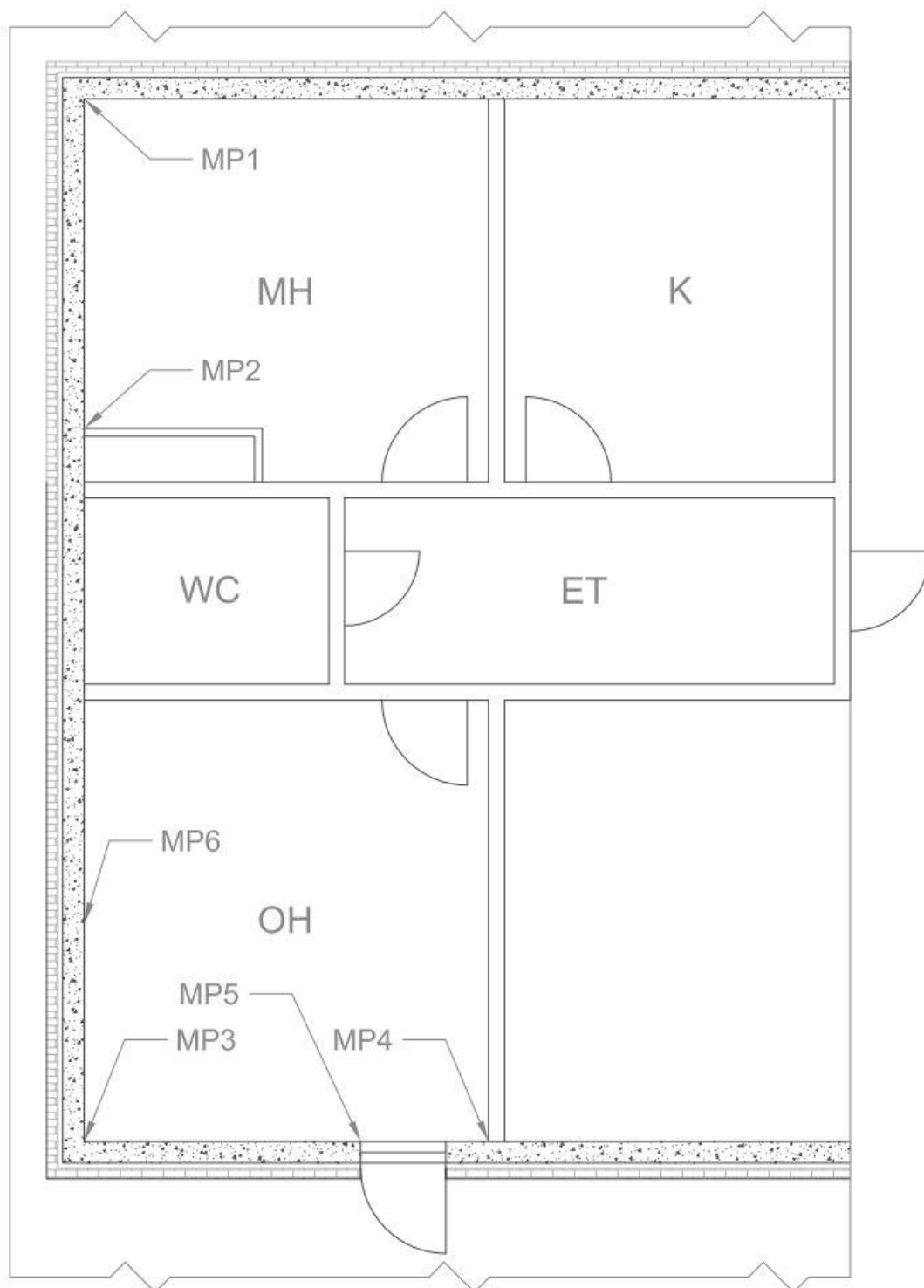
Huoneistoon suoritettiin kuntotarkastus 31.12.2012, jossa tarkastettiin olohuoneen ja makuuhuoneen vauriokohtia. Huoneistossa oli vahva ummehtunut haju ja rakenteeseen tehty kosteusmittaus paljasti seinän olevan kostea. Asukkaat olivat säilyttäneet irtaimistoa seinäpintaa vasten, jolloin irtaimiston takaseinämän ja seinän väliin ei jäänyt juurikaan tilaa kosteuden haihtumiselle. Nämä seikat yhdessä olivat aiheuttaneet huoneiston seinään homekasvustoa.

Huoneiston lattiarakenteet päätettiin purkaa. Rakennusfysikaalisen toiminnan kannalta havaitut puutteet lattiarakenteissa tarkastettiin ja ongelmakohdat selvitettiin asunnon omistajalle. Ongelmakohdat lattiarakenteissa olivat laualattian alla oleva, 1950-luvulla yleisessä käytössä ollut sahanpuru-hiekkakerros, joka kyllä toimii lämmöneristeenä, mutta myös vettyy helposti. Kyseessä on riskirakenne joka vaatisi vähintäänkin erittäin hyvän tuuletuksen toimiakseen kyseisen rakenteen osana oikein. Aku Oksala Turvallisuus- ja rakennusinsinööritoimisto A. Oksalasta määräsi huoneiston asumiskieltoon korjaustoimenpiteiden ajaksi.

Asunnon omistajan ja urakoitsijan kanssa sovittiin rakenteeseen tehtävästä korjauksesta. Korjauksessa päädyttiin poistamaan seinäpintoihin muodostuneet homepesäkkeet. Rakenteet ja pinnat kuivattiin, lisäksi niihin tehtiin desinfiointikäsitely. Laualattian päälle asennettiin laminaatti ja listoitus. Seinät maalattiin osittain sekä tapetoitiin. Rakennuksen lopputarkastuksessa todettiin rakennuksen korjaustoimissa käytetyn hyvää rakennustapaa ja työn jäljen olevan korjausrakentamismääräysten mukaisia.

### 5.2.2 Toinen tarkastus

Asukkaat havaitsivat saman ongelman palanneen ja ilmoittivat asiasta isännöitsijälle. Seinärakenteet päätettiin lämpökuvata seinäpintojen lämpötilan toteamiseksi. Lisäksi seinärakenteiden ja lattiarakenteen kosteus mitattiin pintakosteusmittarilla sekä piikkikosteusmittarilla, joka ilmoittaa puun kosteuden painoprosenteina. Lämpökuvaus- ja kosteusmittausraportti tilattiin Envimetria Oy:ltä. Kuvaushetkellä ulkoilman lämpötila oli -17 °C ja sisäilman lämpötila +19 °C. Huoneiston viitteellinen pohjapiirustus on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Asunnon viitteellinen pohjakuva

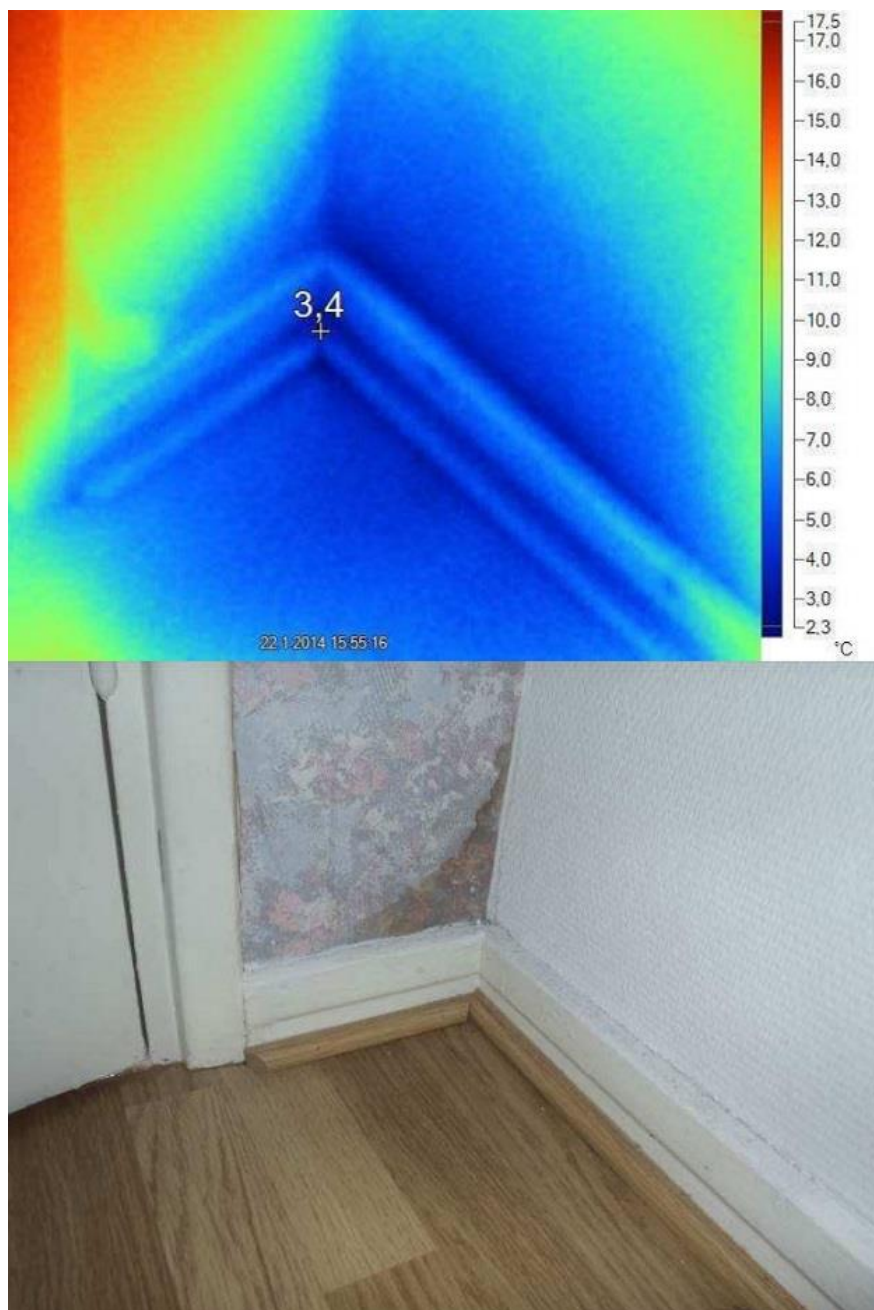


Makuuhuoneessa ulkonurkan lämpötila oli alimmillaan +0,7 °C. Seinien alaosat havaittiin kostuneiksi, lisäksi seinän tapetti- ja maalipinnoilla havaittiin kosteudesta aiheutuneita vaurioita. (kuva 2.) Kosteuden mittaukseen käytettiin kosteusmittareita. Mittaustulosten mukaan vaurioalue oli noin 0,1 m<sup>2</sup> kokoinen. Kylmyys jatkuu myös seinän nurkan ja lattian liitospintojen pituudella.



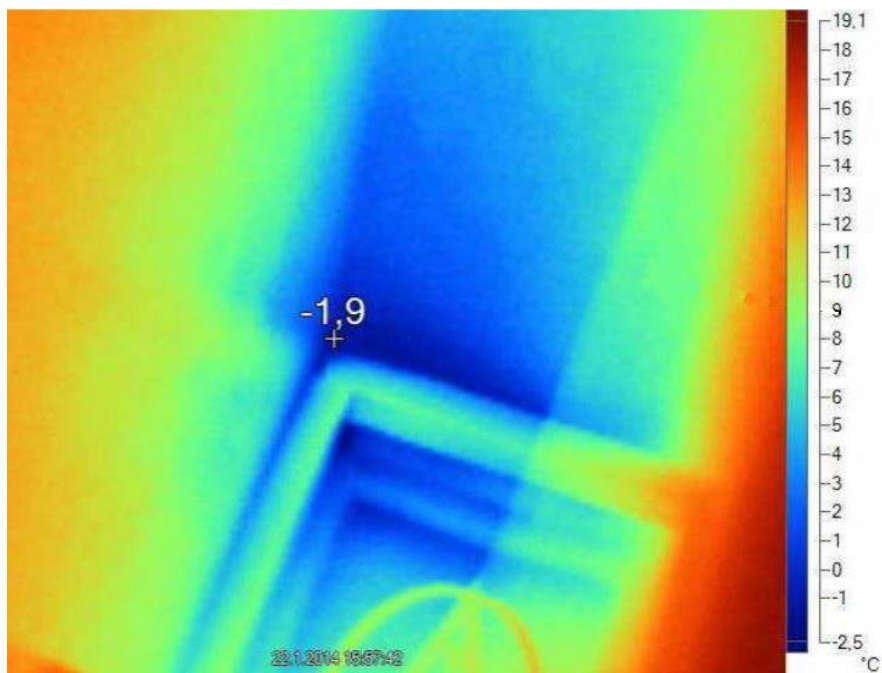
KUVA 2. Mittauspiste 1 (Envimetria Oy 2014-01-22)

Makuuhuoneen vaatekomeron viereisen nurkan lämpötila oli kuvaushetkellä alimmillaan +2,3 °C. Myös tässä kohdassa seinää alaosa on kostunut ja tapetissa on selkeitä kosteuden aiheuttamia vaurioita. (kuva 3.) Kosteuden mittaukseen käytettiin kosteusmittareita. Mittaustulosten mukaan vaurio-alue oli noin 0,1 m<sup>2</sup> kokoinen. Myös vaatekomero oli asukkaan mukaan kylmä. Lämpökuvasta huomataan rakenteen olevan suurelta alueelta erittäin kylmä.



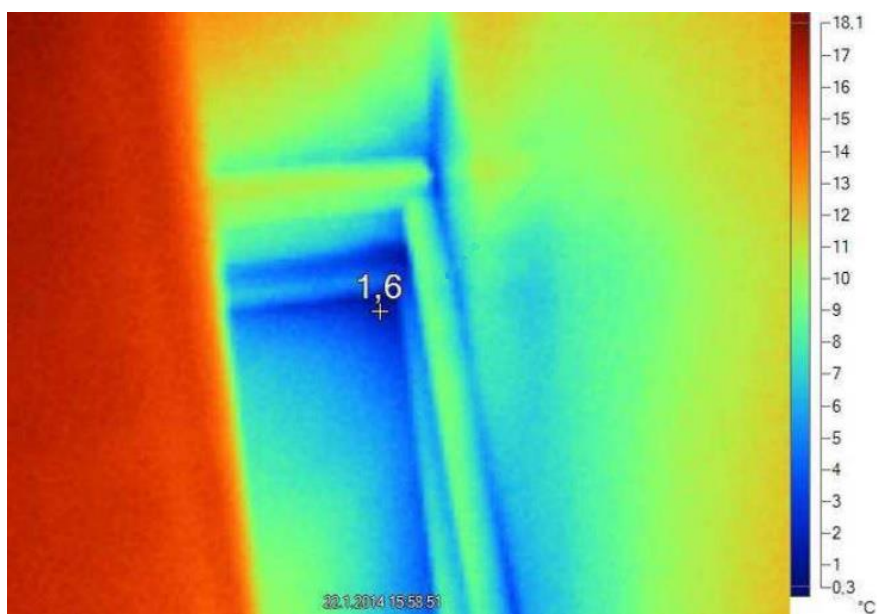
KUVA 3. Mittauspiste 2 (Envimetria Oy 2014-01-22)

Olohuoneessa lämpökuvaus tehtiin julkisivun puoleiselle ja rakennusten väliin jäävän tilan puoleiselle seinälle. Olohuoneen ulkonurkan lämpötila oli kuvaushetkellä alimmillaan  $-2,5^{\circ}\text{C}$ . (kuva 4.) Myös olohuoneen nurkan ja seinien sekä lattian liitospinnat ovat koko pituudeltaan kylmiä. Seinä- ja lattia-rakenteen pinnoissa ei kosteusmittareilla tehtyjen mittausten perusteella havaittu kosteutta.



KUVA 4. Mittauspiste 3 (Envimetria Oy 2014-01-22)

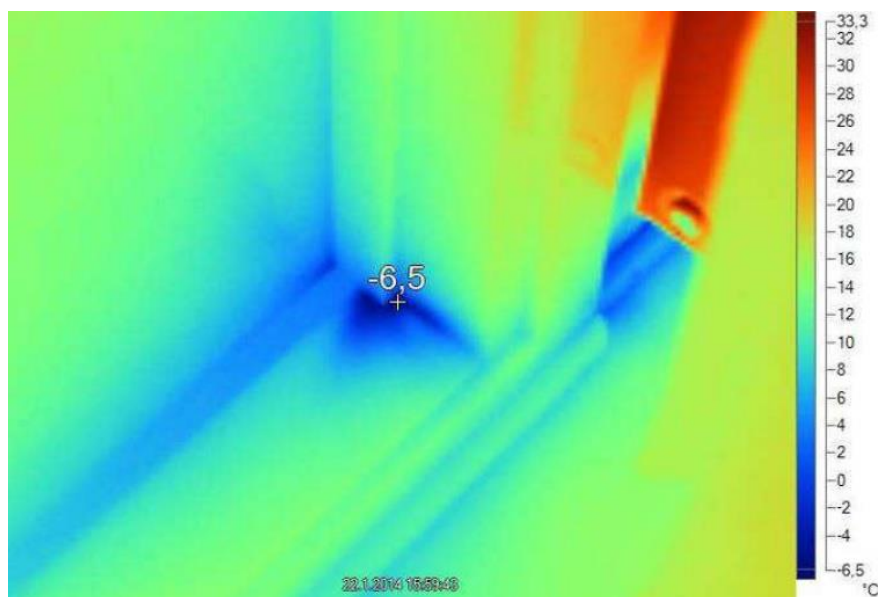
Olohuoneen huoneistojen välisen nurkan lämpötila oli kuvaushetkellä alimmillaan  $+0,3^{\circ}\text{C}$ . (kuva 5.) Seinien liitospintaa ylöspäin mennessä lämpötila kohoaa nopeasti lattiarajan ollessa edelleen erittäin kylmä kauttaaltaan. Seinä- ja lattia-rakenteen pinnoissa ei kosteusmittareilla tehtyjen mittausten perusteella havaittu kosteutta.



KUVA 5. Mittauspiste 4 (Envimetria Oy 2014-01-22)

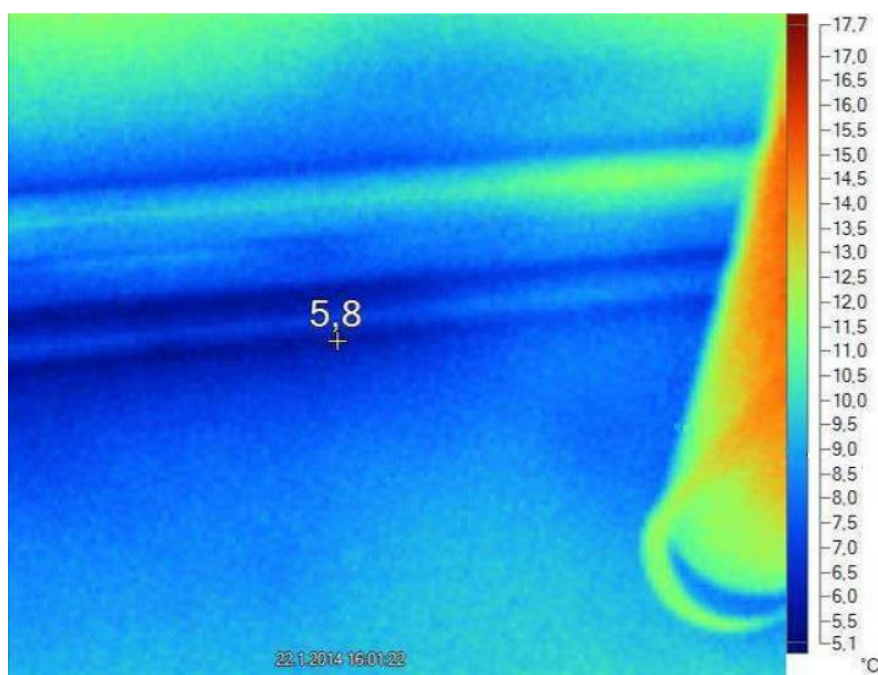


Olohuoneen parvekkeen oven ja karmin välin lämpötila oli kuvaushetkellä alimmillaan  $-6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (kuva 6.) Myös parvekeoven karmin alareuna sekä ulkoseinä olivat huomattavan kylmät. Seinä- ja lattiarakenteen pinnoissa ei kosteusmittareilla tehtyjen mittausten perusteella havaittu kosteutta.



KUVA 6. Mittauspiste 5 (Envimetria Oy 2014-01-22)

Olohuoneen rakennusten välisen seinän lattiarajasta mitattu lämpötila oli kuvaushetkellä alimmillaan  $+5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (kuva 7.) Myös tässä seinä- ja lattiarakente on huomattavan suurelta alueelta huomattavan kylmä. Seinä- ja lattiarakenteen pinnoissa ei kosteusmittareilla tehtyjen mittausten perusteella havaittu kosteutta.



KUVA 7. Mittauspiste 6 (Envimetria Oy 2014-01-22)

Rakenteista mitatut lämpötilat eivät täytä Asumisterveysohjeen mukaista välttävän lämpötilaindeksin tasoa. Rakenteesta otettujen lämpökuvien perusteella huoneistossa olo- ja makuuhuoneen lattiarakenteen ja seinän eristys on puutteellinen ja/tai niissä on ilmavuotoja. Huoneistossa normaalista elämisestä aiheutuva kosteustuotto tiivistyy kylmille seinäpinnoille aiheuttaen rakenteen kastumista ja pintojen vaurioitumista. Vaurioiden syntymistä edesauttaa seinäpintoja vasten oleva irtaimisto, joka estää pintojen lämpenemistä.

### 5.3 Rakenteiden analysointi

Rakennuksen suunnitelma-asiakirjojen puuttuessa lattia- ja seinärakenteen materiaalit jouduttiin tutkimaan purkamalla rakenteita siltä osin kuin se oli mahdollista ja mihin huoneiston omistajalta saatiin lupa. Lattiarakenne selvitettiin purkamalla lattiarakenne. Lattiarakenne paljastui seuraavanlaiseksi, järjestys huoneiston lattiapinnasta alaspäin:

- lattialaminaatti, 7 mm
- askeläänieristys, 3 mm
- vanha laualattia, 28 mm
- puukuitulevy, 10 mm
- lattiakoolaus ja eristysshiekka sekä muu orgaaninen materiaali, 80 mm
- paperi ja lasivilla, 21 mm
- betoniholvi, 200 mm
- polystyreenieristys, 50 mm
- ilmarako ja aaltopelti.

Seinärakenteet jouduttiin arvioimaan jäljempänä esitetyn poistoilmapuhaltimen asennuksen aikana tehdystä seinärakenteen piikkauksesta otettujen kuvien perusteella sekä muualla rakennuksessa havaittujen vastaavien rakenteiden perusteella. Arvio seinärakenteesta, järjestys sisältä ulospäin:

- maalaus ja tasoitus 5 mm
- kantava betoniseinä, 200 mm
- toja-levy, 100 mm
- tiiliverhous, 130 mm
- eristerappaus, 10 mm.

Seinärakenteesta ei ollut mahdollista ottaa koeporausta jolla rakenteen tarkat mitat olisi voitu selvittää.

### 5.3.1 Alkuperäisen lattiarakenteen analysointi

Rakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta analysoitiin käyttäen DOF-Lämpö-ohjelmaa. Aluksi tutkin alkuperäisen rakenteen rakennusfysikaalisen toiminnan. Rakennepiirustusten puuttuessa rakenteita ja niiden parametreja asettaessa joudutaan turvautumaan purkutyössä havaittuihin rakentamisessa käytettyihin materiaaleihin, muualla talossa havaittuihin rakennekerroksiin ja oletamaan arvioimaan rakennepaksuuksien noudattavan yleisiä 1950-luvun mittoja.

Lattiarakenteet ovat samanlaiset kaikkialla huoneistossa, joten tiivistymisriskin arviointiin riittää yhden leikkauksen tutkiminen. Tätä sovelletaan muualla rakenteissa.

DOF-Lämpö-ohjelman antama alkuperäisen lattiarakenteen kosteuskäyrä kertoo kosteuden tiivistymisriskistä betonipinnan, lasivillan sekä hiekan ja muun orgaanisen materiaalin alueella (kuva 8). Rakenteeseen tiivistyvä kosteus ei pääse haihtumaan, jolloin se mahdollistaa otollisen alustan home- ja lajikkeille että lahottajaisienille. Rakenteen kylmyys yhdistettynä normaaliin asumisesta aiheutuvaan kosteustuottoon mahdollistaa rakenteen olevan kosteana lähes jatkuvasti vuoden kylminä kuukausina.

#### Rakenteen päätiedot:

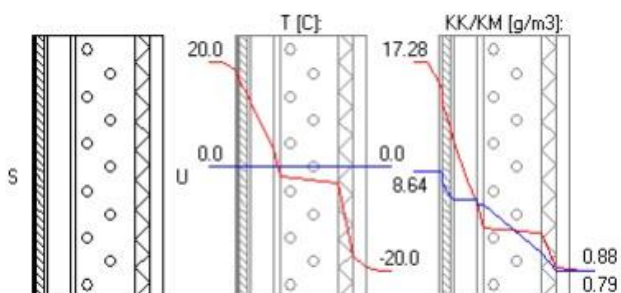
U-arvo:	0.305 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	444.600 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	522.99 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	18989.324 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000053 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	3.283 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	0.000

#### Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00
1	18.42	15.76	8.64	54.8	0.00
2	17.76	15.16	8.49	56.0	0.00
3	16.41	13.99	7.83	56.0	0.00
4	13.97	12.08	6.67	55.3	0.00
5	12.45	11.01	6.47	58.8	0.00
6	3.59	6.23	6.42	100.0	0.00
7	3.50	6.19	6.07	98.0	0.00
8	-1.80	4.26	6.04	100.0	0.00
9	-3.23	3.82	2.21	57.9	0.00
10	-17.08	1.13	0.82	72.2	0.00
11	-19.15	0.94	0.79	83.9	0.00
12	-19.15	0.94	0.79	83.9	0.00
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00

#### Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus



#### 3:n päivän kylmin (0.0 h) Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:
1 Laminaatti	7.00
2 Askeläänieriste	3.00
3 Lautalattia, mänty	28.00
4 Puukuitulevy	10.00
5 Hiekka ja koolaus	80.00
6 Paperi	1.00
7 Lasivilla	20.00
8 Betoni	200.00
9 Polystyreeni	50.00
10 Tuulettumaton ilmara	45.00
11 Aaltopelti	0.60
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:
8 Betoni	1.7000

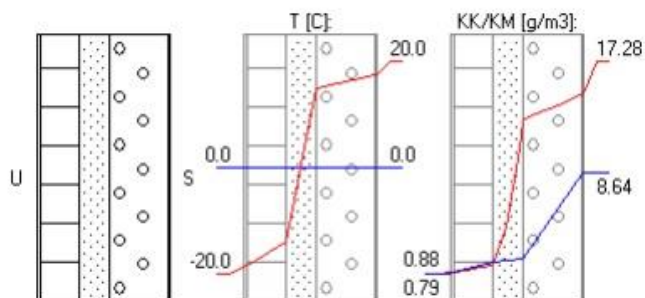
KUVA 8. Huoneiston lattiarakenteen kosteuskäyttäytyminen, ulkopuolinen eristys 50 mm

## 5.3.2 Alkuperäisen seinärakenteen analysointi

Seinärakenteen analysoinnissa DOF-Lämpö-ohjelmalla havaittiin kosteuden tiivistymisriskin olevan ilmeinen vain tiiliverhouksen ja betonipinnan välissä olevan lämmöneristeenä toimivan toja-levyn ulkopinnassa (kuva 9). Toja-levy on pääosin lastuvillalevyä, eli puukuitua joka on kosteusnäkökulmasta erittäin ongelmallinen materiaali. Päästessään kostumaan kosteus etenee koko levyyn, joten kyseisessä seinärakenteessa on hyvin mahdollista seinien joutuvan kosteusrasitukselle alttiiksi juuri tämän vuoksi.

**Rakenteen päätiedot:**

U-arvo:	0.506 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	445.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	706.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	11156.572 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000090 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	1.977 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Lämpötilat ja kosteudet:**

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-18.58	0.99	0.79	79.8	0.00
2	-18.38	1.01	0.95	95.0	0.00
3	-14.00	1.52	1.77	100.0	0.00
4	14.91	12.79	1.96	15.3	0.00
5	17.29	14.74	8.48	57.5	0.00
6	17.37	14.82	8.64	58.3	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

**3:n päivän kylmin (0.0 h)****Rakenteen kerrostiedot:**

KERROS:	T [mm]:
1 Laasti (kalkkisement)	10.00
2 Punatiili	130.00
3 Toja-levy	100.00
4 Betoni	200.00
5 Maalaus ja tasoitus	5.00

**Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)**

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

KUVA 9. Huoneiston seinärakenteen kosteuskäyttäytyminen

## 6 HUONEISTON KORJAUS

### 6.1 Korjausehdotus

Selvitysten perusteella alettiin tutkia huoneistoon sopivaa korjausvaihtoehtoa. Korjausehdotusta lähdettiin pohtimaan lähinnä luonnossuunnitteluna, sillä korjaussuunnitelma tuli hyväksyttäväksi tilaajalla. Tämän vuoksi korjaussuunnitelmaa laatiessa ei ole lähdetty tekemään rakenteellisia piirustuksia tai työselityksiä ennen tilaajan hyväksyntää korjaukselle.

Lähtökohtaisesti huoneiston lattiarakenteet tulee saada huomattavasti lämpimämmiksi, jotta kosteutta ei pääsisi tiivistymään rakenteisiin. Koska kaikissa huoneiston lattiarakenteissa on käytetty orgaanista materiaalia, tulisi huoneistossa kaikki lattiapinnat avata betoniholviin saakka. Kaikki kontaminoitunut materiaali poistetaan, mahdolliset homekasvustot poistetaan ja pintoihin tehdään kullekin pinnalle soveltuva desinfiointikäsittely. Huoneiston seinä- ja lattiapinnat kuivatetaan.

Olo- ja makuuhuoneen betonipinnat tasoitetaan itsetasoituvalla lattiatasoitteella. Lattiaan asennetaan tiiviisti 30 mm EPS-eriste siten, ettei kosteutta pääse tiivistymään eristeen ja betonipinnan väliin. EPS-eristeen päälle valetaan 50 mm pintavalu, jonka päälle asennetaan paikalla ollut askeläänieristys ja laminaatti mikäli nämä ovat vielä käyttökelpoisia.

Julkisivuissa tehdään uusi eristerappaus kadulle ja takapihalle näkyville julkisivupinnoille. Rakennuksen länsiseinän ja naapurikerrostalon väliseen 300 mm tyhjään tilaan puhalletaan kevytsora (esim. Leca-sora) lämmöneristeeksi rakennuksen koko korkeudelta. Kevytsora on hyväksi havaittu eristysmenetelmä kahden rakennuksen kantavien seinien välissä. Kevytsoraeristeen toimivuus tutkittiin myös DOF-Lämpö-ohjelmalla (kuva 10).

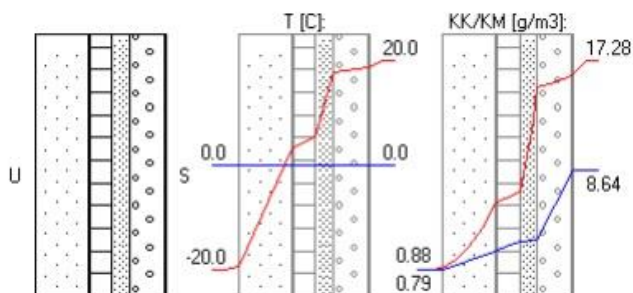
#### Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.218 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	750.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	812.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	14085.895 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000071 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	4.590 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000

#### Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.39	0.92	0.79	85.5	0.00
2	3.34	6.13	2.29	37.4	0.00
3	3.43	6.16	2.42	39.3	0.00
4	5.32	6.99	3.07	44.0	0.00
5	17.77	15.17	3.22	21.2	0.00
6	18.79	16.11	8.38	52.0	0.00
7	18.87	16.18	8.64	53.4	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus



#### 3:n päivän kylmin (0.0 h)

#### Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:
1 Kevytsora	300.00
2 Laasti (kalkkisement)	10.00
3 Punatiili	130.00
4 Toja-levy	100.00
5 Betoni	200.00
6 Maalaus ja tasointus	10.00

KUVA 10. Huoneiston länsiseinän seinärakenteen kosteuskäyttäytyminen



Veden pääsy rakennusten väliin tulee estää vesikatolla pellittämällä rakennusten väli tiiviisti ja ohjaamalla vesi syöksytorviin. Julkisivuseinustoilla pellitys asennetaan vesitiiviisti koko rakennuksen matkalta.

Kaikissa rakennuksessa olevissa liityntäpisteissä tulee varmistua riittävästä tiiveydestä. Tiiveydellä varmistetaan, ettei sadevesi pääse tunkeutumaan rakenteisiin. Eristysrappauksessa huomioidaan valmistajan antamat asennusohjeet.

## 6.2 Kevytsoran kokoonpuristuvuustarkastelu

Kevytsoran kokoonpuristuvuustarkastelu tehtiin siltä varalta, että kokoonpuristuessaan kevytsora voisi mahdollisesti menettää ominaisuuksiaan ja kerätä itseensä kosteutta joka rakennusta vasten voisi olla haitallista.

Leca-sora vastaa kantavuusominaisuuksiltaan kitkamaata, lähinnä hienoa hiekkaa, kitkakulman ollessa  $33...37^\circ$  rakenteen tiiviyden mukaan. Tiiviille Leca-sorakerrokselle sallitaan  $0,2 \text{ MN/m}^2$  laattamainen kuormitus, jolloin kerroksen kokoonpuristuma on noin 1 %. (LECA SORA, Maxit Oy Ab. RTK-36951, 1.)

KS820-kevytsoran irtokuivatiheys on RT-kortin mukaan korkeintaan  $280 \text{ kg/m}^3$ . (LECA SORA, Maxit Oy Ab. RTK-36951, 1.) Rakennusten välisen tyhjän tilan  $b=300 \text{ mm}$ ,  $L=13 \text{ m}$  ja  $h=15 \text{ m}$ . Rakennusten välinen tyhjä tila on tilavuudeltaan noin  $60 \text{ m}^3$  mittaepätarkkuudet huomioiden. Rakennusten väliin mahtuvan kevytsoran kokonaispaino on tällöin  $0,17 \text{ MN}$ , joten sen omasta painosta aiheuttama kuorma rakennusten välisen tilan pohjassa on noin  $0,044 \text{ MN/m}^2$ .

Tiiviin Leca-sorakerroksen kokoonpuristuvuudessa ei ole ongelmaa käyttöasteen ollessa noin 22 % sallitusta enimmäiskokoonpuristuvuudesta.

## 6.3 Toteutunut korjaus

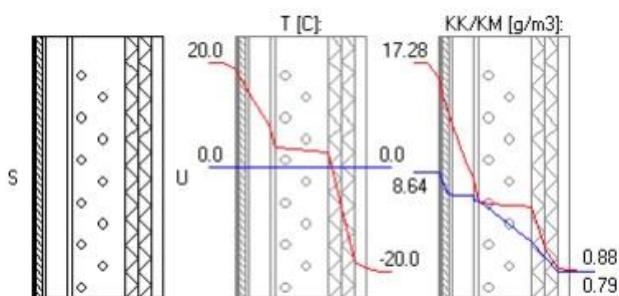
Tilaaajalle ilmoitettiin lattian alta paljastuneista rakenteista. Suunniteltu ratkaisu ei ollut tilaajalle tarpeeksi kustannustehokas suuren työn ja purkujätteen määrän vuoksi, joten korjauksessa päädyttiin hakemaan kustannustehokkaampaa vaihtoehtoa.

DOF-Lämpö-ohjelmaa käyttäen tutkittiin, millainen vaikutus ulkopuolisella lisälämmöneristämällä rakenteen rakennusfysikaaliseen toimintaan on. Alkuperäisen  $50 \text{ mm}$  polystyreenieristeen sijaan betoniholvin alapintaan laitettiin toinen  $50 \text{ mm}$  kerros polystyreeniä. DOF-Lämpö-ohjelma ilmoittaa suhteellisen kosteuden ylittävän 100 % betonin yläpinnan ja lasivillaeristeen kohdalla pisteessä 8. (kuva 11.) Lämmöneristettä lisättiin siten, että betoniholvin alapinnassa on alkuperäisen  $50 \text{ mm}$  polystyreenieristeen lisäksi  $100 \text{ mm}$  eristelevy. Tämä toimenpide lisäsi betonin yläpinnan lämpötilaa niin paljon, että kosteuden tiivistymisriskiä rakenteessa ei enää ole. (kuva 12.)

**Rakenteen päätiedot:**

U-arvo: 0.226 W/m<sup>2</sup>K  
 Paksuus: 494.600 mm  
 Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
 Paino: 524.99 kg  
 Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 22367.702 m<sup>2</sup>hPa/g  
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000045 g/m<sup>2</sup>hPa  
 Lämmönvastus: 4.419 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, ulko: 0.070 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, sisä: 0.130 m<sup>2</sup>K/W  
 Kulma (0-90): 0.000

**Lämpötilat ja kosteudet:**

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00
1	18.82	16.14	8.64	53.5	0.00
2	18.34	15.69	8.51	54.2	0.00
3	17.33	14.78	7.95	53.8	0.00
4	15.52	13.27	6.97	52.5	0.00
5	14.39	12.40	6.80	54.9	0.00
6	7.81	8.22	6.76	82.2	0.00
7	7.74	8.19	6.45	78.8	0.00
8	3.81	6.32	6.44	100.0	0.00
9	2.74	5.88	3.19	54.2	0.00
10	-7.54	2.71	2.00	73.7	0.00
11	-17.83	1.06	0.81	76.9	0.00
12	-19.37	0.92	0.79	85.4	0.00
13	-19.37	0.92	0.79	85.4	0.00
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00

**3:n päivän kylmin (0.0 h)****Rakenteen kerrostiedot:**

KERROS:	T [mm]:
1 Laminaatti	7.00
2 Askeläänieriste	3.00
3 Lautalattia, mänty	28.00
4 Puukuitulevy	10.00
5 Hiekka ja koolaus	80.00
6 Paperi	1.00
7 Lasivilla	20.00
8 Betoni	200.00
9 Polystyreeni	50.00
10 Polystyreeni	50.00
11 Tuulettumaton ilmara	45.00
12 Aaltopelti	0.60
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:
8 Betoni	1.7000

**Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)**

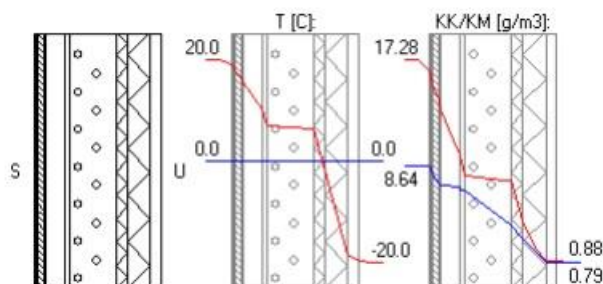
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

KUVA 11. Huoneiston lattiarakenteen kosteuskäyttäytyminen, ulkopuolinen eristys 100 mm

**Rakenteen päätiedot:**

U-arvo: 0.180 W/m<sup>2</sup>K  
 Paksuus: 544.600 mm  
 Pinta-ala: 1.00 m<sup>2</sup>  
 Paino: 526.99 kg  
 Hinta: 0.00 euro

Vesihöyryn vastus: 25746.081 m<sup>2</sup>hPa/g  
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000039 g/m<sup>2</sup>hPa  
 Lämmönvastus: 5.556 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, ulko: 0.070 m<sup>2</sup>K/W  
 Pintavastus, sisä: 0.130 m<sup>2</sup>K/W  
 Kulma (0-90): 0.000

**Lämpötilat ja kosteudet:**

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00
1	19.06	16.37	8.64	52.8	0.00
2	18.68	16.00	8.53	53.3	0.00
3	17.88	15.26	8.04	52.7	0.00
4	16.44	14.02	7.19	51.3	0.00
5	15.54	13.28	7.04	53.0	0.00
6	10.30	9.63	7.01	72.7	0.00
7	10.25	9.60	6.74	70.2	0.00
8	7.12	7.86	6.73	85.5	0.00
9	6.27	7.44	3.90	52.4	0.00
10	-1.91	4.22	2.87	68.0	0.00
11	-18.27	1.01	0.81	79.8	0.00
12	-19.50	0.91	0.79	86.3	0.00
13	-19.50	0.91	0.79	86.3	0.00
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00

**3:n päivän kylmin (0.0 h)****Rakenteen kerrostiedot:**

KERROS:	T [mm]:
1 Laminaatti	7.00
2 Askeläänieriste	3.00
3 Lautalattia, mänty	28.00
4 Puukuitulevy	10.00
5 Hiekka ja koolaus	80.00
6 Paperi	1.00
7 Lasivilla	20.00
8 Betoni	200.00
9 Polystyreeni	50.00
10 Polystyreeni	100.00
11 Tuulettumaton ilmara	45.00
12 Aaltopelti	0.60
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:
8 Betoni	1.7000

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

KUVA 12. Huoneiston lattiarakenteen kosteuskäyttäytyminen, ulkopuolinen eristys 150 mm

Betoniholvin alapinnan lisälämmöneristämisen lisäksi huoneistosta LVI-saneerauksen yhteydessä poistetut vesikiertoiset lämmityspatterit asennettiin huoneistoon uudestaan lämmittämään huoneilmaa. Keittiön seinään asennettiin automaattisella liike-, valo- ja kosteudentunnistimella varustettu poistoilmapuhallin omaan kanavaansa. Väliovien kynnykset poistettiin ilmankierron parantamiseksi huoneistossa joka osaltaan auttaa kosteuden haihtumisessa huoneistosta. Lisäksi osa painovoimaisen ilmanvaihdon poistokanavista tukittiin jotta huoneistoon saatiin aikaan hallittu ilmanvaihto ilman, että asennettu poistoilmanpuhallin sekoittaisi huoneiston painovoimaista ilmanvaihtoa. Ilmanvaihtojärjestelmän muutossuunnittelun huoneistoon teki LVI-suunnittelija.

Näiden huoneistoon tehtyjen toimenpiteiden tarkoituksena oli saada lattia- ja seinäpinnat lämpimämmäksi sekä pienentää asunnossa aiheutuvaa kosteudentuottoa, jotta kosteuden tiivistymismahdollisuus seinärakenteisiin tulisi olemaan mahdollisimman pieni. Huoneistoon tehdyn korjauksen toimivuutta seurataan ja arvioidaan talvella 2015 tehtävillä tarkastusmittauksilla.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyöni aiheena oli suunnitella 1950-luvulla valmistuneeseen, peruskorjattuun kerrostalo-huoneistoon soveltuva saneeraussuunnitelma. Työssä selostin rakennusten korjaustarpeen aiheuttajia, kuntotutkimuksen tavoitteita sekä kosteuden siirtymistä rakenteissa ja näiden vaikutusta saneeraussuunnitteluun. Saneeraussuunnitelmaa laadittaessa on tärkeintä selvittää, mikä on aiheuttanut rakennukseen tai sen rakenteeseen tulleet vauriot. Selvitystyössä avainasemassa on suorittaa oikeaoppinen kuntotutkimus johdonmukaisesti, jotta vaurioiden laajuus ja syy saadaan selville. Tällöin vältetään myös ylimääräisiltä selvitystoilta, jotka aiheuttavat ajanmenetystä sekä tuovat lisäkustannuksia tilaajalle.

Opinnäytetyön kohteessa saatiin huoneiston rakenteiden purkamisella selkeä kuva alapohjan sekä kantavien seinien rakennusfysikaalisesta toimimattomuudesta. Lämpökuvausten ja kosteusmittauksen perusteella havaittiin, että huoneistossa on selviä eristepuutteita ja ilmavuotoja. Kylmien seinä- ja lattiapintojen ansiosta kosteus pääsi tiivistymään rakenteisiin aiheuttaen paikallisia mikrobikasvustoja ja sisäilmaongelmia huoneistoa käyttäville asukkaille.

Havaintojen perusteella tehtiin teoreettisia tarkasteluja alapohja- ja seinärakenteista DOF-Lämpöohjelmalla. Ohjelmasta saadut tulokset tukivat lämpökuvauksesta ja kosteusmittauksesta saatuja tuloksia, jonka mukaan alapohjaa ja ulkoseinärakenteita tulisi lisälämmöneristää, jotta lattia- ja seinäpintojen lämpötila olisi vähintään Asumisterveysohjeen välttävän lämpötilaindeksin mukainen. Tämä todennäköisesti korjaisi myös kosteudentiivistymisongelman joka huoneistossa on.

Työssä esitelty korjausehdotelma otti nämä asiat huomioon. Korjausehdotelma on olosuhteet huomioiden mahdollisimman riskitön, jotta rakenteiden kylmyysongelma saataisiin ratkaistua. Lisätarkasteluna tulisi ottaa huomioon kuinka rakennuksen väliin jäävän kantavan seinän vanha toja-levyeristys poistettaisiin, sillä tämä voi aiheuttaa kosteusrasitusta kantaville seinärakenteille.

Koska tilaaja ehdotti kohteessa kustannustehokkaampaa korjausvaihtoehtoa, ei näitä tarkasteluja opinnäytetyössä ole tehty. Huoneistoon tehdyn korjausratkaisun osalta tulee huoneiston rakennusfysikaalista toimivuutta seurata aktiivisesti jatkossakin.

## LÄHTEET

ASUINKIIINTEISTÖN KUNTOARVIO. TILAAJAN OHJE. RT 18-11130. Helsinki: Rakennustieto Oy. Lokakuu 2013. [viitattu 2014-04-27]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11130>

ASUMISTERVEYSOHJE. ASUNTOJEN JA MUIDEN OLESKELUTILOJEN FYSIKAALISET, KEMIAALLISET JA MIKROBIOLOGISET TEKIJÄT. RT STM-21232 Helsinki: Rakennustieto Oy. Huhtikuu 2004. [viitattu 2014-04-27]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/21232>

BETONIN SUHTEELLISEN KOSTEUDEN MITTAUS. RT 14-10984. Helsinki: Rakennustieto Oy. Helmikuu 2010. [viitattu 2014-04-27]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10984>

HAATAJA, Pasi. 2012. Korjausrakentamisen perusteet [opetusmoniste]. Kuopio: Savonia ammatti-  
korkeakoulu.

KOSTEUS RAKENNUKSISSA. RT 05-10710. Helsinki: Rakennustieto Oy. Marraskuu 1999. [viitattu 2014-04-27]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10710>

LECA-SORA. MAXIT Oy Ab. RTK-36951. Helsinki: Rakennustieto Oy. Huhtikuu 2005. [viitattu 2014-04-27]. Saatavissa: [http://www.taloon.info/pdf/leca-sora\\_rt-kortti.pdf](http://www.taloon.info/pdf/leca-sora_rt-kortti.pdf)

SISÄILMASTOLUOKITUS 2008. SISÄYMPÄRISTÖN TAVOITEARVOT, SUUNNITTELUOHJEET JA TUOTEVAATIMUKSET. RT 07-10946. Helsinki: Rakennustieto Oy. Tammikuu 2009. [viitattu 2014-04-27]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10946>

Sisäilmayhdistys.fi a [verkkoaineisto]. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/>  
Polku: Sisäilmayhdistys.fi. Terveelliset tilat – tietojärjestelmä. Ongelmien tutkiminen. Perustietoa.

Sisäilmayhdistys.fi b [verkkoaineisto]. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/>  
Polku: Sisäilmayhdistys.fi. Terveelliset tilat – tietojärjestelmä. Ongelmien tutkiminen. Raportointiohje.

Sisäilmayhdistys.fi c [verkkoaineisto]. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/>  
Polku: Sisäilmayhdistys.fi. Terveelliset tilat – tietojärjestelmä. Sisäilmasto. Perustietoa.

Sisäilmayhdistys.fi d [verkkoaineisto]. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/>  
Polku: Sisäilmayhdistys.fi. Terveelliset tilat – tietojärjestelmä. Ongelmien tutkiminen. Lähtökohdat.

Sisäilmayhdistys.fi e [verkkoaineisto]. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/>  
Polku: Sisäilmayhdistys.fi. Terveelliset tilat – tietojärjestelmä. Sisäilmasto. Ilmanvaihdon vaikutus.

Sisäilmayhdistys.fi f [verkkoaineisto]. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/>  
Polku: Sisäilmayhdistys.fi. Terveelliset tilat – tietojärjestelmä. Ongelmien tutkiminen. Muut sisäilma-  
tutkimukset. Tutkimusmenetelmät.

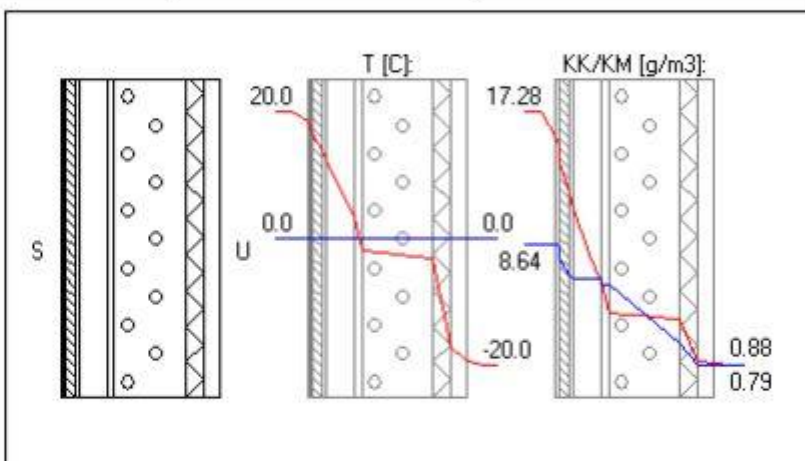


## LIITE 1: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALKUPERÄINEN ALAPOHJARAKENNE

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Lattiarakenne, 50 mm	
Suunnittelija: Markus Korhonen	Päiväys: 3.4.2014	Tunnus:

**Rakenteen päätiedot:**

U-arvo:	0.305 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	444.600 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	522.99 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	18989.324 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000053 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	3.283 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	0.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset sisältä (S) ulos (U)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Laminaatti	7.00	0.1300	1.850000e-05	0.00	1000.00
2 Askeläänieriste	3.00	0.0270	1.900000e-06	0.00	50.00
3 Lautalattia, mänty	28.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	480.00
4 Puukuitulevy	10.00	0.0800	2.070000e-05	0.00	700.00
5 Hiekka ja koolaus	80.00	0.1100	6.600000e-04	0.00	160.00
6 Paperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
7 Lasivilla	20.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
8 Betoni	200.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
9 Polystyreeni	50.00	0.0440	1.480000e-05	0.00	40.00
10 Tuulettumaton ilmara	45.00	0.2650	6.600000e-04	0.00	0.00
11 Aaltopelti	0.60	50.0000	6.600000e-04	0.00	0.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:	LK [W/K](kpl):
8 Betoni	1.7000	5.0	0.00	2400.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

**Lämpötilat ja kosteudet:**

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00
1	18.42	15.76	8.64	54.8	0.00
2	17.76	15.16	8.49	56.0	0.00
3	16.41	13.99	7.83	56.0	0.00
4	13.97	12.08	6.67	55.3	0.00
5	12.45	11.01	6.47	58.8	0.00
6	3.59	6.23	6.42	100.0	0.00
7	3.50	6.19	6.07	98.0	0.00
8	-1.80	4.26	6.04	100.0	0.00
9	-3.23	3.82	2.21	57.9	0.00
10	-17.08	1.13	0.82	72.2	0.00
11	-19.15	0.94	0.79	83.9	0.00
12	-19.15	0.94	0.79	83.9	0.00
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00

**Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)**

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

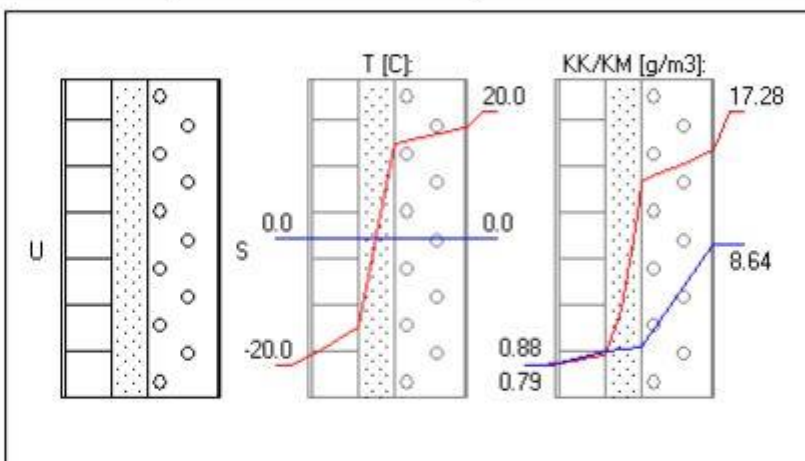
**Lisätiedot:**

## LIITE 2: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALKUPERÄINEN SEINÄRAKENNE

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Seinä rakenne	
Suunnittelija: Markus Korhonen	Päiväys: 2.4.2014	Tunnus:

**Rakenteen päätiedot:**

U-arvo:	0.506 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	445.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	706.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	11156.572 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000090 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	1.977 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1	Laasti (kalkkisement)	10.00	1.0000	4.230000e-05	0.00	1800.00
2	Punatiili	130.00	0.6000	1.116000e-04	0.00	1500.00
3	Toja-levy	100.00	0.0700	3.780000e-04	0.00	35.00
4	Betoni	200.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
5	Maalaus ja tasointu	5.00	1.2000	2.160000e-05	0.00	2000.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

**Lämpötilat ja kosteudet:****3:n päivän kylmin (0.0 h)**

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-18.58	0.99	0.79	79.8	0.00
2	-18.38	1.01	0.95	95.0	0.00
3	-14.00	1.52	1.77	100.0	0.00
4	14.91	12.79	1.96	15.3	0.00
5	17.29	14.74	8.48	57.5	0.00
6	17.37	14.82	8.64	58.3	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

**Lisätiedot:****Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)**

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

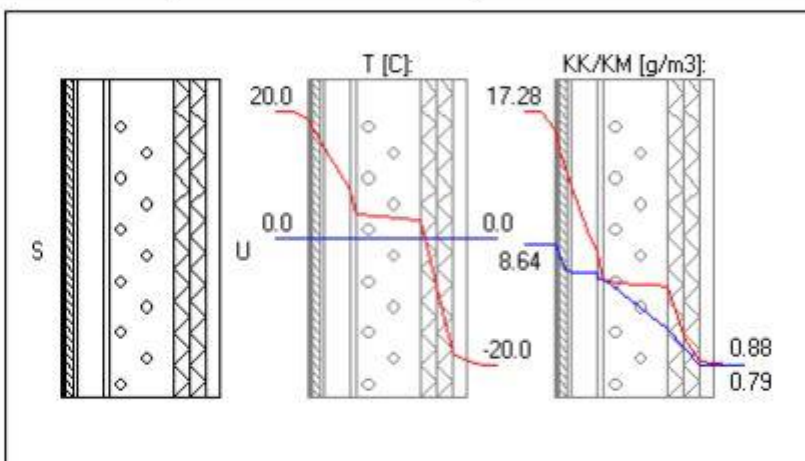


## LIITE 3: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALAPOHJA, LISÄERISTYS (100 MM)

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Lattiarakenne, 100 mm	
Suunnittelija: Markus Korhonen	Päiväys: 3.4.2014	Tunnus:

**Rakenteen päätiedot:**

U-arvo:	0.226 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	494.600 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	524.99 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	22367.702 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000045 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	4.419 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	0.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset sisältä (S) ulos (U)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1 Laminaatti	7.00	0.1300	1.850000e-05	0.00	1000.00
2 Askeläänieriste	3.00	0.0270	1.900000e-06	0.00	50.00
3 Lautalattia, mänty	28.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	480.00
4 Puukuitulevy	10.00	0.0800	2.070000e-05	0.00	700.00
5 Hiekka ja koolaus	80.00	0.1100	6.600000e-04	0.00	160.00
6 Paperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
7 Lasivilla	20.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
8 Betoni	200.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
9 Polystyreeni	50.00	0.0440	1.480000e-05	0.00	40.00
10 Polystyreeni	50.00	0.0440	1.480000e-05	0.00	40.00
11 Tuulettumaton ilmara	45.00	0.2650	6.600000e-04	0.00	0.00
12 Aaltopelti	0.60	50.0000	6.600000e-04	0.00	0.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:	LK [W/K](kpl):
8 Betoni	1.7000	5.0	0.00	2400.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

**Lämpötilat ja kosteudet:****3:n päivän kylmin (0.0 h)**

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00
1	18.82	16.14	8.64	53.5	0.00
2	18.34	15.69	8.51	54.2	0.00
3	17.33	14.78	7.95	53.8	0.00
4	15.52	13.27	6.97	52.5	0.00
5	14.39	12.40	6.80	54.9	0.00
6	7.81	8.22	6.76	82.2	0.00
7	7.74	8.19	6.45	78.8	0.00
8	3.81	6.32	6.44	100.0	0.00
9	2.74	5.88	3.19	54.2	0.00
10	-7.54	2.71	2.00	73.7	0.00
11	-17.83	1.06	0.81	76.9	0.00
12	-19.37	0.92	0.79	85.4	0.00
13	-19.37	0.92	0.79	85.4	0.00
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00

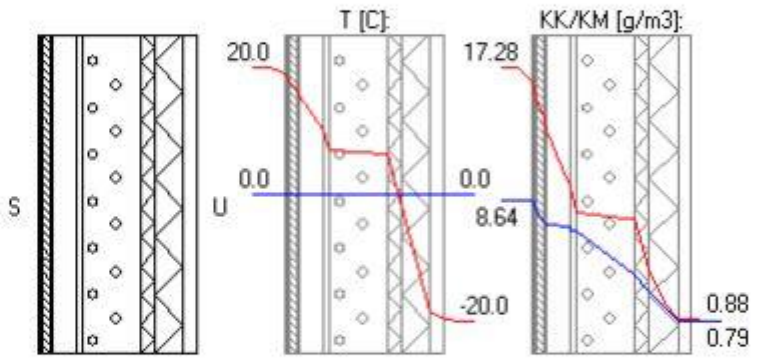
**Tiivistymis- / homevaara ! (SK\_max = 100.0 %)**

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

**Lisätiedot:**

## LIITE 4: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALAPOHJA, LISÄERISTYS (150 MM)

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Opinnäytetyö	Lattiarakenne, 150 mm	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
Markus Korhonen	3.4.2014	

<b>Rakenteen päätiedot:</b>		 <p>The diagram shows a cross-section of the floor structure with layers labeled S (sisä) and U (ulos). Temperature (T [C]) and moisture (KK/KM [g/m3]) profiles are plotted across the layers. Key values include: T [C] from 20.0 to -20.0; KK/KM [g/m3] from 17.28 to 0.79. A blue line represents the moisture profile, and a red line represents the temperature profile.</p>	
U-arvo:	0.180 W/m2K		
Paksuus:	544.600 mm		
Pinta-ala:	1.00 m2		
Paino:	526.99 kg		
Hinta:	0.00 euro		
Vesihöyryn vastus:	25746.081 m2hPa/g		
Vesih. läpäisykerroin:	0.000039 g/m2hPa		
Lämmönvastus:	5.556 m2K/W		
Pintavastus, ulko:	0.070 m2K/W		
Pintavastus, sisä:	0.130 m2K/W		
Kulma (0-90):	0.000		

Rakenteen kerrostiedot:						Kerrokset sisältä (S) ulos (U)	
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:		
1 Laminaatti	7.00	0.1300	1.850000e-05	0.00	1000.00		
2 Askeläänieriste	3.00	0.0270	1.900000e-06	0.00	50.00		
3 Lautalattia, mänty	28.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	480.00		
4 Puukuitulevy	10.00	0.0800	2.070000e-05	0.00	700.00		
5 Hiekka ja koolaus	80.00	0.1100	6.600000e-04	0.00	160.00		
6 Paperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00		
7 Lasivilla	20.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00		
8 Betoni	200.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00		
9 Polystyreeni	50.00	0.0440	1.480000e-05	0.00	40.00		
10 Polystyreeni	100.00	0.0440	1.480000e-05	0.00	40.00		
11 Tuulettumaton ilmara	45.00	0.2650	6.600000e-04	0.00	0.00		
12 Aaltopelti	0.60	50.0000	6.600000e-04	0.00	0.00		
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	LK [W/K](kpl):		
8 Betoni	1.7000	5.0	0.00	2400.00	---		

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suhtl. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

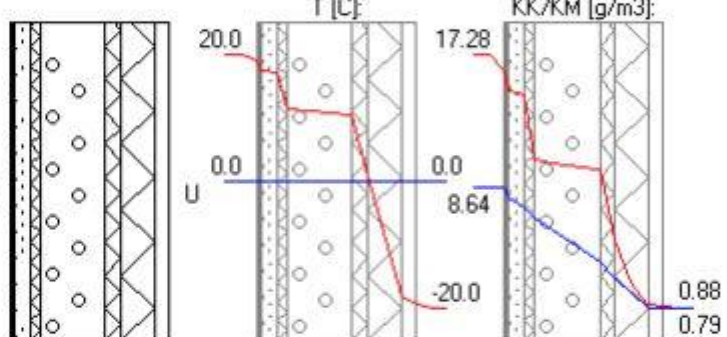
Lämpötilat ja kosteudet:					3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00	
1	19.06	16.37	8.64	52.8	0.00	
2	18.68	16.00	8.53	53.3	0.00	
3	17.88	15.26	8.04	52.7	0.00	
4	16.44	14.02	7.19	51.3	0.00	
5	15.54	13.28	7.04	53.0	0.00	
6	10.30	9.63	7.01	72.7	0.00	
7	10.25	9.60	6.74	70.2	0.00	
8	7.12	7.86	6.73	85.5	0.00	
9	6.27	7.44	3.90	52.4	0.00	
10	-1.91	4.22	2.87	68.0	0.00	
11	-18.27	1.01	0.81	79.8	0.00	
12	-19.50	0.91	0.79	86.3	0.00	
13	-19.50	0.91	0.79	86.3	0.00	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus



## LIITE 5: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, ALAPOHJA, KORJausehdotus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Lattiarakenne, 150 mm + EPS 30 mm ja pintavalu 50	
Suunnittelija: Markus Korhonen	Päiväys: 3.4.2014	Tunnus:

<b>Rakenteen päätiedot:</b>		
U-arvo:	0.210 W/m <sup>2</sup> K	
Paksuus:	485.600 mm	
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>	
Paino:	614.35 kg	
Hinta:	0.00 euro	
Vesihöyryn vastus:	25762.653 m <sup>2</sup> hPa/g	
Vesih. läpäisykerroin:	0.000039 g/m <sup>2</sup> hPa	
Lämmönvastus:	4.773 m <sup>2</sup> K/W	
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W	
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W	
Kulma (0-90):	0.000	

Rakenteen kerrostiedot:						Kerrokset sisältä (S) ulos (U)	
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:		
1 Laminaatti	7.00	0.1300	1.850000e-05	0.00	1000.00		
2 Askeläänieriste	3.00	0.0270	1.900000e-06	0.00	50.00		
3 Betoni	50.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00		
4 Polystyreeni	30.00	0.0440	1.480000e-05	0.00	40.00		
5 Betoni	200.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00		
6 Polystyreeni	50.00	0.0440	1.480000e-05	0.00	40.00		
7 Polystyreeni	100.00	0.0440	1.480000e-05	0.00	40.00		
8 Tuulettumaton ilmara	45.00	0.2650	6.600000e-04	0.00	0.00		
9 Aaltopelti	0.60	50.0000	6.600000e-04	0.00	0.00		
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:	LK [W/K](kpl):		
5 Betoni	1.7000	5.0	0.00	2400.00	---		

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:					3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot:
Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:	
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00	
1	18.91	16.22	8.64	53.3	0.00	
2	18.46	15.80	8.53	54.0	0.00	
3	17.53	14.96	8.05	53.8	0.00	
4	17.28	14.74	7.34	49.8	0.00	
5	11.57	10.43	6.72	64.5	0.00	
6	10.58	9.81	3.90	39.8	0.00	
7	1.06	5.23	2.87	54.9	0.00	
8	-17.99	1.04	0.81	77.8	0.00	
9	-19.41	0.92	0.79	85.7	0.00	
10	-19.41	0.92	0.79	85.7	0.00	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	

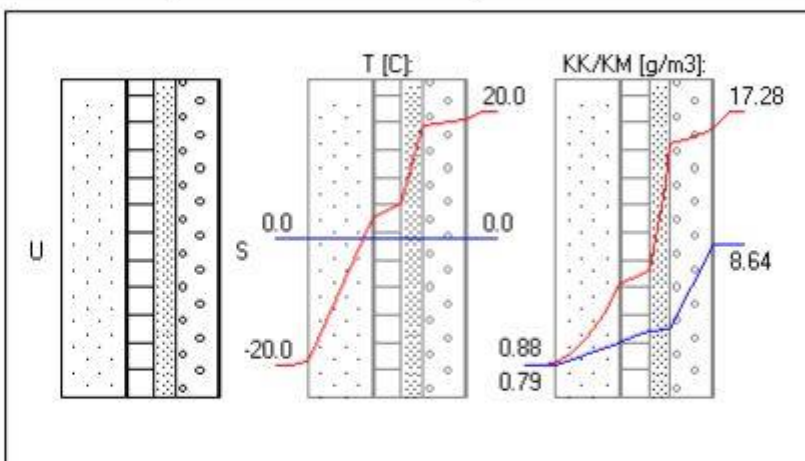
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

## LIITE 6: LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSLASKELMA, SEINÄRAKENNE, KORJausehdotus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Seinä rakenne (rakennusten väli, kevytsoratäyttö)	
Suunnittelija: Markus Korhonen	Päiväys: 3.4.2014	Tunnus:

**Rakenteen päätiedot:**

U-arvo:	0.218 W/m <sup>2</sup> K
Paksuus:	750.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m <sup>2</sup>
Paino:	812.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	14085.895 m <sup>2</sup> hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000071 g/m <sup>2</sup> hPa
Lämmönvastus:	4.590 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m <sup>2</sup> K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m <sup>2</sup> K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m <sup>3</sup> ]:	Paino [kg/m <sup>3</sup> ]:
1	Kevytsora	300.00	0.1150	1.112000e-04	0.00	320.00
2	Laasti (kalkkiselement)	10.00	1.0000	4.230000e-05	0.00	1800.00
3	Punatiili	130.00	0.6000	1.116000e-04	0.00	1500.00
4	Toja-levy	100.00	0.0700	3.780000e-04	0.00	35.00
5	Betoni	200.00	1.7000	2.160000e-05	0.00	2400.00
6	Maalaus ja tasointus	10.00	1.2000	2.160000e-05	0.00	2000.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

**Lämpötilat ja kosteudet:****3:n päivän kylmin (0.0 h)**

Piste:	T [C]:	KK [g/m <sup>3</sup> ]:	KM [g/m <sup>3</sup> ]:	SK [%]:	C [g/m <sup>2</sup> ]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.39	0.92	0.79	85.5	0.00
2	3.34	6.13	2.29	37.4	0.00
3	3.43	6.16	2.42	39.3	0.00
4	5.32	6.99	3.07	44.0	0.00
5	17.77	15.17	3.22	21.2	0.00
6	18.79	16.11	8.38	52.0	0.00
7	18.87	16.18	8.64	53.4	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

**Lisätiedot:**

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus